

## Method and device for flow-turning

**Publication number:** EP0955110

**Publication date:** 1999-11-10

**Inventor:** KOESTERMEIER KARL-HEINZ (DE)

**Applicant:** LEICO WERKZEUGMASCHB GMBH & CO (DE)

**Classification:**

**- international:** *B21D53/28; B21H5/02; B21J5/12; B21K1/30; B21H7/18; B21D53/26; B21H5/00; B21J5/06; B21K1/28; B21H7/00; (IPC1-7): B21H1/04; B21H5/02*

**- european:** B21H5/02; B21J5/12

**Application number:** EP19990101494 19990127

**Priority number(s):** DE19981020470 19980507; DE19981030816 19980709

### Also published as:

US6227024 (B1)  
JP2000202556 (A)  
EP0955110 (A3)  
CA2271115 (A1)  
EP0955110 (B1)

### Cited documents:

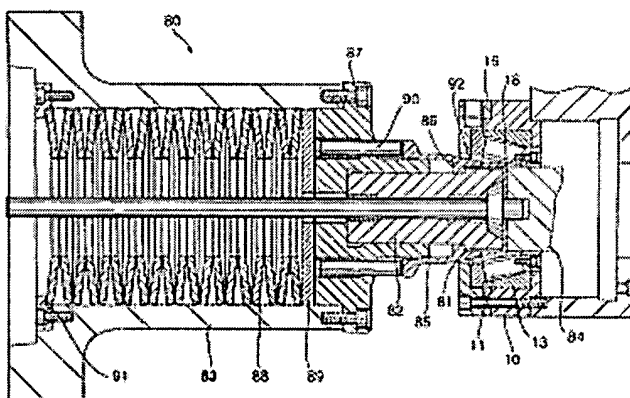
DE19807017  
US4320644  
US3473211  
DD116405  
FR2026415  
more >>

**Report a data error here**

Abstract not available for EP0955110

Abstract of corresponding document: **US6227024**

A flow-forming device includes a forming device having a cage in which a plurality of rolling members are rotatably arranged in ring-like manner about a rotation axis. A spinning chuck is configured to hold a blank so as to be axially displaceable relative to the forming device. A drive is provided for rotating the blank relative to said forming device. A method for flow-forming includes rotating at least one of the blank and the rolling member about a rotation axis and flow-forming the blank through contact with a plurality of rolling members which are arranged in a ring-like manner around the rotation axis and mounted in rotary manner in a cage.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



(11) **EP 0 955 110 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
10.11.1999 Patentblatt 1999/45

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **B21H 1/04, B21H 5/02**

(21) Anmeldenummer: **99101494.5**

(22) Anmeldetag: **27.01.1999**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

(30) Priorität: **07.05.1998 DE 19820470**  
**09.07.1998 DE 19830816**

(71) Anmelder:  
**Lelco GmbH & Co. Werkzeugmaschinenbau  
59229 Ahlen, Westf. (DE)**

(72) Erfinder:  
**Köstermeier, Karl-Heinz  
33397 Rietberg (DE)**

(74) Vertreter:  
**Wunderlich, Rainer, Dipl.-Ing. et al  
Patentanwälte  
Weber & Heim  
Irmgardstrasse 3  
81479 München (DE)**

(54) **Verfahren zum Drückwalzen und Drückwalzvorrichtung**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Drückwalzen, insbesondere zum Einformen einer Innervverzahnung. Eine etwa zylindrische, dünnwandige Vorform wird auf einem Drückfutter eingespannt und mittels mindestens einem Wälzkörper an das Drückfutter angedrückt, wobei die Vorform relativ zu dem Wälzkörper rotiert. Dabei ist vorgesehen, daß die Vorform durch eine Vielzahl von Wälzkörpern umgeformt wird, welche ringartig um die Vorform angeordnet und in einem Käfig jeweils drehbar gelagert sind.

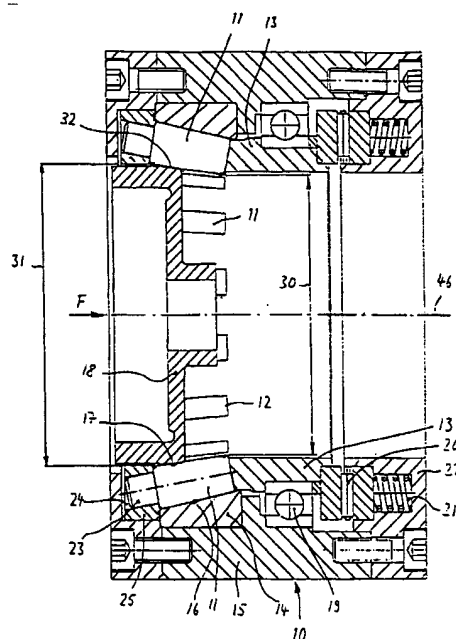


Fig. 1

**EP 0 955 110 A2**

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Drückwalzen, bei dem eine Vorform an einem Drückfutter eingespannt und mittels mindestens eines Wälzkörpers umgeformt wird, wobei die Vorform relativ zu dem Wälzkörper um eine Rotationsachse rotiert. Des weiteren betrifft die Erfindung eine Drückwalzvorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 16.

[0002] In der DE 42 18 092 C1 und der DE 196 36 567 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung eines kreiszylindrischen Getriebeteils beschrieben, dem auf einem Teil seiner axialen Länge eine Innenverzahnung durch Drückwalzen eingeformt wird. Mit diesem Verfahren kann sehr rationell ein Teil gefertigt werden, welches sonst nur spanend mit hohem Aufwand hergestellt werden kann. Vorteil der Herstellung durch Drückwalzen ist eine nahezu endkonturennahe Fertigung bei gleichzeitig hoher Maßhaltigkeit und geringer Rauhtiefe der gefertigten Teile. Gleichzeitig wird eine Werkstoffverfestigung im oberflächennahen Bereich erzielt, die sich günstig auf Verschleißverhalten und Dauerfestigkeit auswirkt. Während des Umformens wird die Vorform durch eine oder mehrere Drückwalzen in das Verzahnungsprofil eines Werkzeugs gedrückt, wobei die Zähne vollständig ausgefüllt werden. Nachteilig bei dieser Art der Fertigung ist die hohe Belastung des Verzahnungsprofils des Werkzeugs. Beim Einwalzen der Innenverzahnung kommt es durch das Eindringen des Materials in das Verzahnungsprofil des Werkzeugs zu einer Biege- und Stoßbeanspruchung der Zähne. Die dabei wiederholt auftretenden Wechselbelastungen führen zu einer Ermüdung des Werkzeugwerkstoffs. Letztendlich bilden sich Risse und das Werkzeug versagt nach kurzer Zeit. Detailliert sind diese Vorgänge auch in der DE 197 13 440 A1 beschrieben.

[0003] Bekannt sind außerdem Werkzeuge zum Glatt- und Festwalzen auf der Basis von hydrostatisch gelagerten Kugelwerkzeugen. Mit Hilfe dieser Werkzeuge findet durch Kugeln oder Walzen eine Plastifizierung von metallischen Oberflächen statt. Damit können Randbereiche geglättet oder verfestigt werden. Durch die verschiedenen Ausführungsformen dieser Werkzeuge können variabel gestaltbare Oberflächen (z. B. gerade oder kegelige Planflächen oder Bohrungen) bearbeitet werden. Die Umformung größerer Werkstoffvolumina und damit die Formgebung neuer Geometrien ist mit diesen Werkzeugen jedoch nicht möglich, da die Plastifizierung des Werkstoffes aufgrund der vorgesehenen Herstellungsart nicht möglich ist. Die übertragbaren Kräfte sind dafür zu klein. Jede einzelne Umformrolle ist separat gelagert. Diese konstruktive Ausführung ist nicht für die Verformung und die Formgebung größerer Werkstoffvolumina geeignet.

[0004] Des weiteren sind Verfahren bekannt, bei denen mit einer oder mit mehreren Walzen eine Vorform auf ihrem Außendurchmesser drückgewalzt wird, wobei der Werkstoff in das Profil des Werkzeugfutters ein-

dringt. Ein weiteres Verfahren schlägt vor, die Vorform axial einzuspannen und unter radialer Zustellung deren Durchmesser durch Walzen zu reduzieren. Durch die axiale Einspannung fließt der Werkstoff in radialer Richtung durch den Druck der Walzen, so daß er in die Ausnehmungen des Werkzeugfutters gepreßt wird.

[0005] Bei allen genannten Verfahren werden einzeln gelagerte Walzen verwendet, die mit ihrem Außendurchmesser auf der Vorform abrollen. Durch die geometrisch und festigkeitsbedingten Abmessungen der Walzen mit ihren Lagerungen kann in Abhängigkeit vom Umfang der Vorform nur eine begrenzte Anzahl von Walzen in einem minimalen Abstand angeordnet werden. Durch den geometrisch bedingten Abstand zwischen den Walzen ist es unmöglich, die Ausbeulung der Vorform auf ihrem Umfang aufgrund der großen Tangentialkraft in diesem Bereich und der damit verbundenen Werkstoffverdrängung restlos auszugleichen. Es kommt zu Wechselbelastungen im Bereich der Ausnehmungen des Werkzeugfutters. Besonders bei Laufverzahnungen mit kleinen Modulen kann diese Wechselbelastung zu einer Materialermüdung und damit zu kurzen Standzeiten des Werkzeugs führen.

[0006] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Drückwalzvorrichtung bereitzustellen, bei denen ein Drückwalzen möglich ist, welches schonend für Werkstück und Werkzeug ist.

[0007] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß bei dem eingangs genannten Verfahren die Vorform durch eine Vielzahl von Wälzkörpern umgeformt wird, welche ringartig um die Rotationsachse angeordnet und in einem Käfig jeweils drehbar gelagert sind. Die Aufgabe wird weiter durch eine Drückwalzvorrichtung mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 15 gelöst. Bevorzugte Ausführungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0008] Durch die Lagerung der vielen Wälzkörper in einem Käfig wird erreicht, daß die Vorform durch die geometrisch maximale Anzahl von Walzen am Umfang während ihrer Drehung abgestützt und gleichzeitig umgeformt wird. Die umformenden Walzen umkreisen die Vorform planetenförmig, wenn sie diese berühren und umformen. Die Vorform ist ein rotationssymmetrisches Werkstück, welches massiv oder ein vorbearbeiteter Hohlkörper ist, etwa ein Rohrstück oder ein topfförmiges Teil.

[0009] Beim bekannten Drückwalzen wird durch die separate Lagerung und Ansteuerung der Achsen aufgrund eines Axialversatzes der Walzen immer eine Walze den Formgebungsprozeß beginnen, wodurch es zwangsläufig zu einer unerwünschten Auslenkung des Werkzeugs kommt, bis weitere axial versetzte Walzen angreifen. Dies hat die Folge, daß durch diese wechselseitige Auslenkung des Umformwerkzeuges eine gleichmäßige Belastung und eine Selbstzentrierung kaum möglich ist. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die Kraft symmetrisch über einen Außenring eines Lagers auf alle Walzen gleichmäßig übertragen.

Daraus folgt, daß alle Walzen gleichzeitig in den Umformprozeß eingreifen und dabei das innenliegende Werkzeug selbständig zentrieren und dieses gleichmäßig belasten.

[0010] Zweckmäßigerweise wird die Vorform in einer relativen Axialbewegung durch die ringförmige Wälzkörperanordnung bewegt. Bei einer hohlen Vorform wird von den Wälzkörpern diese an das Drückfutter ange-  
drückt. Bei einer massiven Vorform kann auch nur eine Durchmesser-  
verringern erfolgen. Die Wälzkörper können in einer gemeinsamen radialen Ebene angeordnet sein.

[0011] Wenn in bevorzugter Weise die Vorform durch kegelige Wälzrollen umgeformt wird, die in zur Rotationsachse der Vorform geneigter Anordnung in einem konischen Außenring abrollen, so kann eine verbesserte Zentrierung beim Einführen der Vorform in die Wälzkörperanordnung sowie ein günstiger Materialfluß erzielt werden. Des weiteren ist durch eine axiale Verschiebung und Positionierung der Wälzkörper mit dem Käfig eine radiale Positionierung und Einstellung der Wälzkörper möglich.

[0012] Wenn die Vorform durch zueinander axial versetzt angeordnete Wälzkörper umgeformt wird, so kann in dem Verformungsvorgang ein größerer Durchmesserbereich abgedeckt werden, wenn die nachgeordneten Wälzkörper jeweils auf einem kleineren Innendurchmesser abrollen. Durch eine derartige Anordnung ergibt sich eine verbesserte Umformungskraftaufteilung und -einwirkung auf die Vorform.

[0013] In einer zweckmäßigen Verfahrensgestaltung wird die Vorform durch Wälzkörper umgeformt, die in einer Umformeinrichtung in zwei parallelen, zur Rotationsachse senkrechten Ebenen verteilt angeordnet sind. Hierdurch ergibt sich ein vereinfachter Aufbau eines die Wälzkörper lagernden Käfigs.

[0014] Um unterschiedliche Umformungen an Vorformen ausführen zu können, können Wälzkörper unterschiedlicher Formen und Größe in einer Umformeinrichtung verwendet werden, etwa in einem gemeinsamen Käfig oder in verschiedenen, hintereinander angeordneten Käfigen. Beispielsweise können damit in einer Aufspannung Körper mit verschiedenen Innenprofilen in verschiedenen Durchmesserbereichen umgeformt werden.

[0015] Es kann auch vorgesehen sein, daß durch kugelige Wälzkörper in einer ersten Bearbeitungsebene oder -bereich eine erste Umformung einer Vorform, z. B. einer Ronde, vorgenommen wird und daß durch kegelige Wälzkörper in einer nachgeordneten zweiten Bearbeitungsebene oder -bereich eine zweite Umformung der Vorform vorgenommen wird. Damit läßt sich in einer Aufspannung eine weitgehende Bearbeitung der Vorform erzielen.

[0016] In einer Ausführungsform wird die radiale Positionierung der Wälzkörper gegen eine Federkraft eingestellt. Damit kann eine Selbstzentrierung und Selbstjustierung der Wälzkörper auf einfache Weise

erreicht werden.

[0017] Wenn die relative Drehrichtung zwischen der Vorform bzw. dem Drückwerkzeug und den Wälzkörpern alternierend gewechselt wird, so wird durch diese Maßnahme die Richtung der Krafteinleitung auf die Vorform und das Drückwerkzeug häufig geändert, wodurch eine material- und werkzeugschonendere Umformung erzielt wird.

[0018] Wenn nach der Formung der Innenverzahnung ein Kalibriervorgang ausgeführt wird, so kann dieser Vefahrensschritt noch bei aufgespanntem Werkstück ausgeführt werden. Dabei kann der Kalibriervorgang mit der auf geringeren Innendurchmesser eingestellten Wälzkörperanordnung in der Umformeinrichtung ausgeführt werden. Alternativ dazu kann der Kalibriervorgang mit einer zweiten Wälzkörperanordnung mit geringerem Innendurchmesser in einer zweiten Umformeinrichtung ausgeführt werden.

[0019] Die Erzeugung der relativen Bewegung zwischen den Wälzkörpern und der Vorform kann durch Rotation eines Außenringes, in dem die Wälzkörper abrollen, bei stillstehender Vorform vorgenommen werden. Gleichfalls kann die relative Bewegung durch Rotation der Vorform bei stillstehendem Außenring oder durch eine Rotation des Außenringes und der Vorform ausgeführt werden.

[0020] Das erfindungsgemäße Verfahren läßt sich zweckmäßig ergänzen, indem über das nach dem Umformen der Vorform erhaltene Werkstück ein Zieh-  
ring mit einem Innenzahnprofil zum Herstellen einer Außenverzahnung gezogen wird.

[0021] Eine weitere bevorzugte Ausführungsform der Erfindung besteht darin, daß als Vorform ein rotations-symmetrisches Blechwerkstück verwendet wird, welches an das Drückfutter mittels der ringartig angeordneten Wälzkörper angedrückt wird. Das Blechwerkstück kann hierbei eine Ronde oder ein topfförmiges Teil sein. Auf diese Weise kann ein Blechkörper mit einer Innenkontur entsprechend dem Drückfutter geformt werden.

[0022] Dabei ist es besonders bevorzugt, daß die Vorform an einem zylindrischen Drückfutter eingespannt wird, welches an seinem Außenumfang mit einer Profilierung, insbesondere einer Verzahnung, versehen ist, und daß beim Umformen die Wälzkörper ringartig um das Drückfutter herum angeordnet sind, wobei die Vorform durch die Wälzkörper gegen den Außenumfang gedrückt und ein Innenprofil eingeformt wird. Hierdurch können innenprofilierte Teile, beispielsweise mit einer Innenverzahnung oder einem Keilnutprofil, erstellt werden.

[0023] Eine alternative Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, daß die Vorform eine Mittenöffnung aufweist und an einem ringförmigen Drückfutter mittig eingespannt wird, dessen Ringinnenseite mit einer Profilierung, insbesondere einer Innenverzahnung, versehen ist, und daß zum Umformen in die Mittenöffnung der Vorform ein Umformdorn axial zugestellt wird, an

dem die Wälzkörper ringartig angeordnet sind, wobei die Vorform durch die Wälzkörper gegen die Ringinnen-seite des Drückfutters gedrückt und ein Außenprofil ein-geformt wird. Es können so z.B. außenverzahnte Hohlräder effizient hergestellt werden.

[0024] Eine besonders einfache Verfahrensdurchführung wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß beim Umformen die Wälzkörper in dem Käfig zumindest in einer radialen Richtung verschoben werden. Die Wälzkörper sind hierbei in dem Käfig in radialer Richtung verschiebbar gelagert und können beispielsweise mittels eines Keilschiebermechanismus beim Umformen radial nach innen oder radial nach außen gedrückt werden. Das radiale Verschieben der Wälzkörper erlaubt auch, bei Verwendung von profilierten Wälzkörpern ein entsprechendes Profil in die Vorform einzuformen. Das Profil an den Wälzkörpern können in Umfangsrichtung verlaufende Nuten und Vorsprünge oder eine Verzahnung sein.

[0025] Ausgehend von einer gattungsgemäßen Drückwalzvorrichtung wird die eingangs gestellte Aufgabe apparativ dadurch gelöst, daß die Umformeinrichtung einen Käfig aufweist, in welchem eine Vielzahl von Wälzkörpern ringartig um eine Rotationsachse angeordnet ist, und daß die Wälzkörper in dem Käfig jeweils drehbar gelagert sind. Eine solche Drückwalzvorrichtung dient zur Durchführung des vorausgehend beschriebenen Verfahrens. Die Anzahl der Wälzkörper beträgt zumindest zwei, wobei jedoch abhängig von der Werkstückgröße eine möglichst hohe Anzahl bevorzugt ist.

[0026] Eine besonders gute Umformung wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß die Wälzkörper zylindrisch oder kegelig als Umformrollen ausgebildet sind und jeweils drehbar um eine Wälzkörperachse gelagert sind und daß die Wälzkörperachsen zur Rotationsachse in einem schrägen Winkel, insbesondere in einem Winkel zwischen 10° und 60°, angeordnet sind. Durch die axiale Erstreckung der Wälzkörper sowie deren konische Anordnung zur Rotationsachse wird eine neuartige Umformtechnologie erreicht, welche Eigenschaften des Drückwalzens mit denen des Abstreckziehens kombiniert. Durch diese Kombination ist ein hoher Umformgrad bei einer relativ großen Umformgeschwindigkeit erzielbar.

[0027] Für ein Aufbringen hoher Umformkräfte ist es nach der Erfindung vorteilhaft, daß die Umformeinrichtung einen Laufring aufweist, an dem die Wälzkörper an einem Abrollbereich anliegen und beim Umformen abrollen.

[0028] Eine Erhöhung der Gestaltungsmöglichkeiten mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird weiterhin dadurch erreicht, daß der Abrollbereich des Laufringes konusförmig ist, daß die Wälzkörper in dem Käfig in einer radialen Richtung verschiebbar gelagert sind und daß zum radialen Verschieben der Wälzkörper der Laufring in einer axialen Richtung verstellbar ist.

[0029] Erfindungsgemäß können dabei die Wälzkör-

per mit einem Außenprofil versehen sein. Dieses kann eine Verzahnung oder in Umfangsrichtung verlaufende Nuten und Vorsprünge sein, welche ein entsprechendes Profil in die Vorform einformen.

[0030] Zur Herstellung von Hohlkörpern ist es vorgesehen, daß das Drückfutter zylindrisch ist und daß die Umformeinrichtung ringförmig ausgebildet ist, an deren Innenseite die Wälzkörper vorstehen. Am Außenumfang des Drückfutters kann ein gewünschtes Profil vorgesehen sein, welches sich beim Aufdrücken der Vorform auf das Drückfutter abbildet.

[0031] Die Herstellung von Hohlkörpern mit einer Außenkontur ist erfindungsgemäß dadurch möglich, daß das Drückfutter ringförmig ist und daß die Umformeinrichtung als ein zylindrischer Umformdorn ausgebildet ist, an dessen Außenseite die Wälzkörper vorstehen. Der Umformdorn wird relativ zum Drückfutter axial verfahren und in eine Mittenöffnung des Werkstücks eingeschoben. Hierbei wird diese Mittenöffnung des Werkstücks aufgeweitet und das Material gegen die entsprechende Innenkontur des ringförmigen Drückfutters geformt.

[0032] Grundsätzlich können die Wälzkörper mittels Zapfen oder Bohrungen gelagert sein, die sich an oder in einem Wälzkörper der Umformrolle befinden. Nach der Erfindung wird eine besonders robuste Lagerung jedoch dadurch erreicht, daß die Wälzkörper zur drehbaren Lagerung in taschenförmige Ausnehmungen in den Käfig eingelegt sind. Dies erlaubt auch eine besonders enge Anordnung der einzelnen Wälzkörper nebeneinander. Zudem können als Wälzkörper einfache massive Elemente eingesetzt werden, beispielsweise Rollen oder Walzen aus herkömmlichen Wälzlageren. Die Lagerung der Wälzkörper besteht aus einem ringförmigen Käfiggrundkörper mit radialen Nuten zum tangentialen Lagern sowie einem konischen Laufring, auf welchem die Wälzkörper zum radialen Lagern abrollen. Ein Verschlußring am Käfiggrundkörper hält die Wälzkörper in ihrer axialen Lage.

[0033] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 in einer Schnittansicht eine Vorrichtung zum Ausführen des erfindungsgemäßen Verfahrens mit einer darin angeordneten Vorform;

Fig. 2 in einer schematischen Darstellung ein zylindrisches Werkstück, das in aus dem Stand der Technik bekannter Art mit drei Drückwalzen bearbeitet wird, und die dabei auftretenden Verformungen des Werkstückes;

Fig. 3 in einer schematischen Darstellung ein zylindrisches Werkstück, das mit einer Vielzahl von Drückwalzen nach dem

- erfindungsgemäßen Verfahren bearbeitet wird, und die dabei auftretenden Verformungen des Werkstückes;
- Fig. 4 in einer Schnittansicht eine Vorform, an der eine Innenverzahnung nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt werden soll;
- Fig. 5 in einer Schnittansicht ein Werkstück mit einer Innenverzahnung, die durch Bearbeitung der in Fig. 4 dargestellten Vorform hergestellt worden ist;
- Fig. 6 in einer Schnittansicht eine Vorrichtung zum Ausführen des erfindungsgemäßen Verfahrens;
- Fig. 7 in einer Schnittansicht quer zur Rotationsachse die Vorrichtung der Fig. 6;
- Fig. 8 in einer teilweise geschnittenen Teildarstellung einen Gesamtaufbau einer Vorrichtung zum Ausführen des erfindungsgemäßen Verfahrens;
- Fig. 9 in vier Darstellungen (9.1 - 9.4) den Verfahrensablauf;
- Fig. 10 eine Variante des Aufbaus und der Anordnung der Vorrichtung bzw. des Umformwerkzeugs;
- Fig. 11 in einer Schnittansicht ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zum Ausführen des erfindungsgemäßen Verfahrens;
- Fig. 12 in einer Schnittansicht senkrecht zu seiner Rotationsachse die Vorrichtung der Fig. 11;
- Fig. 13 in einer Schnittansicht eine andere erfindungsgemäße Vorrichtung;
- Fig. 14 in einer Schnittansicht eine Drückwalzvorrichtung zum Formen eines Außenprofils;
- Fig. 15 in einer Schnittansicht eine Drückwalzvorrichtung mit radialer Verstellung der Wälzkörper; und
- Fig. 16 in einer Schnittansicht eine Drückwalzvorrichtung zum Einformen eines Außenprofils durch radial verstellbare Wälzkörper.
- [0034]** Eine Vorrichtung 10 oder ein Werkzeug zum Ausführen des erfindungsgemäßen Verfahrens (siehe insbesondere die Fig. 1, 6 und 7) weist eine Vielzahl von Walzen als Wälzkörper 11 auf (im dargestellten Ausführungsbeispiel 14 Walzen), die in Ausnehmungen 12, die in einem ringförmigen Tragkörper oder Käfig 13 der Vorrichtung 10 ausgebildet sind, aufgenommen und axial und radial geführt sind. Ein feststehender äußerer Laufring oder Außenring 14 ist in einem Gehäuse 15 der Vorrichtung 10 eingesetzt und bildet eine äußere, gehärtete Laufbahn 16 für die Walzen, während eine innere Laufbahn 17 durch eine umzuformende Vorform 18 gebildet wird. Der ringförmige Käfig 13 ist über ein Kugellager 19 radial und drehbar in dem Gehäuse 15 der Vorrichtung 10 gelagert. Ein Axiallager 20, beispielsweise ein Nadellager, stützt den Käfig 13 axial über eine Federeinrichtung, z. B. in Form von mehreren Schraubenfedern 21, an einem mit dem Gehäuse 15 z. B. durch Verschraubung verbundenen Gehäuseabschlußteil 22 ab.
- [0035]** Der Käfig 13 ist derart ausgebildet, daß die Wälzkörper 11 bei fehlender innerer Lauffläche, d. h. wenn die Vorform 18 noch nicht oder nicht mehr in dem Werkzeug bzw. der Vorrichtung 10 aufgenommen ist, in ihrer Position gehalten werden. Diese Haltefunktion kann beispielsweise dadurch bereitgestellt sein, daß Halteelemente wie stirnseitige Zapfen 23 an den Walzen angeformt oder angebracht sind, die in Bohrungen 24 in einem mit dem Käfig 13 verbundenen Haltering 25 drehbar aufgenommen sind. Als Halteelemente können auch Profile oder Bohrungen an den Wälzkörper 11 angebracht sein. Zweckmäßig ist es, die Walzen an ihrem Außendurchmesser auf einen lichten Innendurchmesser zueinander zu halten, indem der Außenmantel des Wälzkörpers 11 sich in einer Ausnehmung eines Ringes abstützt, so daß Walzensegmente 59 aus dem Innendurchmesser der Bohrung des Ringes (siehe Fig. 7) definiert hervorragen.
- [0036]** Die Geometrien der Laufflächen sind so ausgebildet, daß sie sowohl dem Anforderungsprofil der Umformung als auch der geometrischen Anforderung des Aufeinanderabwälzens gerecht werden.
- [0037]** Werden gemäß der Darstellung in Fig. 1. kegelige Wälzkörper 11 innerhalb eines kegeligen äußeren Laufringes 14 eingesetzt, so ergibt sich im Inneren eines durch die innere Laufbahn 17 definierten Hüllkreises dieser Wälzkörper 11 eine gedachte Hüllkörperform mit einem kleinen Öffnungsdurchmesser (mit Bezugszeichen 30 versehen) und einem großen Öffnungsdurchmesser (mit Bezugszeichen 31 versehen). Wird die Vorform 18 mit einer Schräge 32 an der Eintauchseite, d. h. der Seite der ersten Berührung mit den Wälzkörpern 11, versehen, deren Winkel dem Winkel der kegeligen Hüllkörperform bzw. der inneren Lauffläche 17 entspricht, tritt bei Kontakt dieser Schräge 32 mit den kegeligen Walzen 11 automatisch eine verbesserte Zentrierung der Wälzkörper 11 zur Vorform 18 ein.
- [0038]** Die Wälzkörper 11 können relativ zum äußeren Laufring 14 in axialer Richtung justiert werden. Wenn über die Vorform 18 eine Druckkraft in axialer Richtung

auf die Vorrichtung 10 aufgebracht wird, stellt sich in Abhängigkeit zum äußeren Laufring 14 der kleine Öffnungsdurchmesser 30 des Hüllkreises so ein, wie er durch die Justierung eingestellt worden ist. Durch diese Funktion kann der Hüllkreis der Walzen 11 zu einem größeren Durchmesser geöffnet werden, um beim Rückzug der Vorform 18 keine zusätzliche Drückwalzoperation am abgestreckten Werkstück vornehmen zu müssen. Für diese Einstellung wird der die Walzen haltende Tragkörper oder Käfig 13 zusammen mit dem Haltering 25 in axialer Richtung mit einem Spiel in der Weise versehen, daß die Federn 21 hinter dem Axiallager 20 den Käfig 13 aus dem konischen äußeren Laufring 14 herausdrücken. Sobald nun die Walzen Kontakt zur Vorform 18 erhalten, federn sie auf den vorgesehenen Anschlag zurück und stellen sich wieder auf den justierten Öffnungsdurchmesser ein.

[0039] Die Art und die Anzahl der Walzen kann der Umformung angepaßt werden. Als zweckmäßig hat es sich erwiesen, Wälzkörper aus üblichen Kegelrollenlagern zu verwenden, die in großer Stückzahl und damit als Massenteile preiswert hergestellt werden. Dabei kann der äußere Laufring 14 komplett vom entsprechenden Rollenlager übernommen werden. Die Anzahl der Wälzkörper 11 kann entsprechend der erforderlichen Umformkräfte pro Walze je nach Walzenteilung gegenüber dem ursprünglichen Rollenlager reduziert werden.

[0040] Durch geeignete Wahl einzelner Umformparameter und deren Abstimmung zueinander können die Formgebungsbedingungen des Werkstückes in Relation zu einem außenverzahnten Werkzeugfutter angepaßt werden. Parameter sind der Vorschub der Umformeinrichtung, die Drehzahl von Werkstück bzw. Umformeinrichtung sowie die Zahl und die Form der einzelnen Umformkörper.

[0041] Soll ein größerer Durchmesserbereich bei gleichbleibender Konizität der Walzen abgedeckt werden, so kann jede zweite Walze in einer entsprechenden Vorrichtung axial versetzt angeordnet werden. Hierdurch wird die Breite der Überdeckung von Walze zu Walze reduziert und der Durchmesserbereich vom maximalen Durchmesser zum minimalen Durchmesser eines Umlaufes erweitert.

[0042] Für größere Durchmesserbereiche ist es zweckmäßig, Umformeinrichtungen anzufertigen, die dann innerhalb eines Umformzentrums nacheinander, auch zur Anformung von Absätzen, eingewechselt werden können.

[0043] Für Innen- und Außenverzahnungen bietet sich die Kombination zwischen dem Drückwalzen mit dem hier vorgeschlagenen Werkzeug und einer Ziehleinrichtung mit einem Ziehtring an. Hierbei kann der Ziehtring als Werkzeug in das Umformzentrum eingewechselt werden, so daß nach dem Drückwalzen mit einem Hohlkörperwerkzeug ein Ziehtring mit einem entsprechenden Innenprofil über das zuvor gewalzte Werkstück gezogen wird. Beim Ziehen der Außenverzahnung ist

es zweckmäßig, in axialer Richtung das Werkstück durch einen Anschlag so abzugrenzen, daß das Material im wesentlichen in das Zahnprofil des Ziehtringes fließt und daß keine Längung des Werkstückes erfolgt. Die so entstandenen Zahnprofile können anschließend über eine in einer Drückwalzmaschine befindliche Synchroeinheit gemäß der DE 196 01 020 A1 mit einem Formrad fertig profiliert, kalibriert sowie in den Zahnflanken verfestigt werden.

[0044] Die Fig. 2 und 3 zeigen einen Vergleich des erfindungsgemäßen Verfahrens gegenüber einem herkömmlichen Drückwalzvorgang mit maximal drei Walzen. Fig. 2 stellt als Prinzipskizze dar, wie drei Wälzkörper 11a, 11b und 11c eine Vorform oder ein Werkstück 35 auf ein Werkzeug 36 in herkömmlicher Weise walzen. Fig. 3 zeigt im Vergleich dazu die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Dabei wird mit beispielsweise 14 Wälzkörper 11.1 bis 11.14 ein Werkstück 37 auf einem zylindrischen Werkzeug 38 umgeformt.

[0045] Aus den schematischen Darstellungen der Fig. 2 und 3 werden die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens deutlich:

1.) Minimierung der Auswölbung der Vorform durch den Einsatz mehrerer Umformrollen.

[0046] Der Kraftangriff von drei Wälzkörpern 11a, 11b und 11c in herkömmlicher Art gemäß Fig. 2 am Umfang der Vorform 35 führt zu einer deutlichen Ausbeulung 39 der Vorform 35 zwischen den Kraftangriffspunkten 40 aufgrund der eingeleiteten Tangentialspannungen. Bedingt durch den relativ großen Abstand der Walzen zueinander ist der unabgestützte Umfang 41, in der sich die Vorform 35 ausbeulen kann, sehr groß. Die zur Ausbeulung erforderliche Tangentialspannung ist deshalb relativ gering und die Abweichung 39 von der kreisförmigen Idealforn relativ groß. Die Folge ist eine hochfrequente Wechselbelastung des Profils im Werkzeugfutter, die eine sehr große Profilbruchgefahr bewirkt.

Durch die separate Lagerung und die Größe der Umformrollen oder -walzen findet eine selbständige Zentrierung des Verzahnungswerkzeuges nicht statt. Hingegen findet dadurch, daß immer eine Walze auf die Bewegung der anderen reagieren muß, eine ständige Ausbiegung des Werkzeuges statt.

[0047] Fig. 3 zeigt, wie gemäß dem Verfahren nach der Erfindung durch die Verwendung von wesentlich mehr und deutlich kleineren Wälzkörpern 11.1 - 11.14, die auf einem gemeinsamen Außenring (nicht dargestellt) laufen, die jeweilige Ausbiegung 44 mit zunehmender Anzahl von Wälzkörpern 11 geringer wird und sich gegen Null bewegt, da der jeweilige unabgestützte Umfang 42 zwischen zwei Kraftangriffspunkten 43 wesentlich verkleinert ist.

Ferner wird sichtbar, daß die Ausbiegung bei gleichen Tangentialspannungen, aufgrund des kürzeren Abstan-

des zwischen den Walzen, gar nicht so groß werden kann, um vergleichbare Werte, wie sie bei drei Walzen auftreten können, zu erreichen. In der Praxis ist die Ausbeulung 44 vernachlässigbar gering im Vergleich zur Umformung mit den drei Wälzkörpern 11a - 11c.

## 2.) Gleichmäßigere Kraftverteilung.

[0048] Die Krafteinleitung bei der Umformung mit nur drei Walzen ist relativ ungleichmäßig. Die Ursache ist der unsymmetrische Kraftangriff der unterschiedlich gelagerten Umformwerkzeuge. Bedingt dadurch werden die Zähne nicht gleichmäßig abgestützt. Beim Fließen des Materials in die Zahnücken des verzahnten Werkzeugs kommt es zunächst zu einer einseitigen Abstützung der Werkzeugzähne. Dadurch wird der Zahn einseitig belastet und er biegt sich aus.

Bei der Verwendung des zuvor beschriebenen Umformwerkzeugs mit beispielsweise 14 Walzen, die in einem gemeinsamen Außenring laufen, ist der Materialfluß in die Zahnücken gleichmäßiger, wobei die Wechselbelastung aufgrund der Ausbeulung auf ein Minimum reduziert wird. Das Werkstück stützt sowohl die Vorder- als auch die Rückseite der Zähne ab und reduziert damit die einseitige Belastung erheblich.

[0049] Fig. 4 zeigt eine Vorform 18, an der eine Innenverzahnung hergestellt werden soll. Die Vorform 18 ist topfförmig ausgebildet und kann beispielsweise durch einen Drückwalzprozeß gefertigt werden. Aber auch andere, z. B. spanend gefertigte Vorformen, können durch das hier beschriebene Verfahren umgeformt werden. Der zylindrische Körper der Vorform 18 erhält an der Einlaufseite der Umformeinrichtungen eine Fase 32, deren Winkel 45 identisch ist mit dem Winkel der inneren Walzenauflfläche 17 zum Zentrum bzw. der Rotationsachse 46 des Umformeinrichtung 10 (siehe Fig. 1). Durch die Konizität der Anordnung der Wälzkörper 11 in der Umformeinrichtung 10 wird eine Zentrierung der Vorform 18 und eine gleichmäßige Materialfüllung der Verzahnung erreicht und eine tangential Druck und axiale Zugspannung in der Oberfläche des Werkstückes erzeugt. Eine Aussparung 47 am Innenradius verhindert die Ausbildung von Rissen durch die Herabsetzung der Kerbwirkung und die unnötige Verdrängung überschüssigen Materials.

[0050] In Fig. 5 ist ein Werkstück 48 nach der Verformung der Vorform 18 dargestellt. Durch den Umformvorgang kann beispielsweise eine schräge Innenverzahnung 53 hergestellt werden. Durch die Umformung wird das Werkstück 48 axial verlängert (vgl. die mit Bezugszeichen 49 bzw. 50 gekennzeichneten axialen Längen in den Fig. 4 und 5) und die Wanddicke (vgl. die mit Bezugszeichen 51 bzw. 52 gekennzeichneten axialen Wanddicken in den Fig. 4 und 5) verringert.

[0051] In den Fig. 6 und 7 ist die Vorrichtung 10 dargestellt, welches vorzugsweise für die Umformung verwendet wird und das sich nur geringfügig von demjenigen von Fig. 1 unterscheidet. Diese Einrichtung

ist auf Basis eines Kegelrollenlagers aufgebaut. Ein solches Kegelrollenlager wird in der Weise verändert, daß zunächst sein Innenring entfernt wird. Die nun freiliegenden Wälzkörper 11 des Kegelrollenlagers werden anstatt durch einen üblichen Käfig des Kegelrollenlagers durch einen speziellen Käfig 13 gesichert, welcher einen ringförmigen Käfiggrundkörper 13a und einen Verschlußring 13b aufweist. In radiale, sich zum Werkstück hin verjüngende Nuten im Käfiggrundkörper 13a sind die Wälzkörper 11 eingesetzt. Während der Umformung werden die Wälzkörper 11 radial durch einen Laufring 14 und axial durch den Verschlußring 13b gehalten. Des weiteren wird dadurch die Position der Walzen fixiert und deren Verschiebung zueinander ausgeschlossen. Die Walzen selbst können in Abwandlung der Darstellung stirnseitige Zapfen (siehe Fig. 1), Profile oder Bohrungen aufweisen.

[0052] Der Verschlußring 13b wird während der Verformung durch die Federn 23. und das Nadellager 20 axial abgestützt. Die Federn 23. drücken dabei den Verschlußring 13b mit den Wälzkörpern 11 aus dem äußeren konischen Laufring 14 heraus und stellen dabei einen relativ großen Innendurchmesser 30 ein, wie er zum Herausfahren der Teile benötigt wird. Drückt bei der Umformung eine Vorform 18 in axialer Richtung auf die Wälzkörper 11 in dem Käfig 13, werden die Federn 21 zusammengedrückt und der Innendurchmesser 30 auf den wirksamen Innendurchmesser verkleinert, der zuvor durch eine Justierung in axialer Richtung eingestellt worden ist. Radial ist der Verschlußring 13b durch das Kugellager 19 abgestützt. Während der Umformung bewegen sich die Walzen in bzw. auf dem Außenring 14, wobei die Wälzkörper 11 planetenförmig umlaufen und dabei den Käfiggrundkörper 13a mit den daran angeschraubten Verschlußring 13b drehen. Für die Einförmung einer Innenverzahnung finden vorzugsweise profilierte Walzen Anwendung.

[0053] Bei Abwandlung des Käfigs 13 ist auch die Verwendung von Kugeln, auch in Kombination mit Walzen, als Wälzkörper möglich. Hierbei können die eingesetzten Kugeln, die stirnseitig aus der Einlaufseite des Tragkörpers hervorragen, dazu benutzt werden, eine Ronde zu einer zylindrischen Vorform umzuformen, wobei die nachgeschalteten Walzen den zylindrischen Bereich der Vorform in derselben Aufspannung im Außendurchmesser reduzieren und auf ein Werkzeug mit Verzahnung aufwalzen.

[0054] In den Fig. 11 und 12 ist eine Vorrichtung 10 mit Kugeln 61 dargestellt, die in Form eines Schrägkugellagers in dem Käfig 13 angeordnet sind und sich an dem an die Kugeln 61 angepaßten Außenring 14 axial und radial abstützen.

[0055] Die Zahl der Walzen oder Kugeln, generell der Wälzkörper 11, hängt von den jeweiligen Verzahnungsgeometrien und von den zur Verformung notwendigen Kräften ab. Im vorliegenden Beispiel werden 14 Walzen verwendet. Damit wird einerseits das Ausbeulen des Werkstückes während der Fertigung weitestgehend



vermieden, zum anderen wird eine ausreichende Zentrierung des Umformwerkzeuges 10 gewährleistet.

[0056] Während der Umformung drehen sich die Walzen in dem Tragkörper oder Käfig 13 um ihre eigene Achse und laufen planetenförmig um die Vorform 18. Als Alternative ist es möglich, das Umformwerkzeug 10 über den Außenring 14 bzw. das Gehäuse 15 mit den planetenförmig umlaufenden Wälzkörper 11 zu drehen, d.h. anzutreiben, um das Werkzeugfutter mit der Vorform 18 stillzusetzen.

[0057] Fig. 8 zeigt den Aufbau der Vorrichtung zum Einwalzen einer Verzahnung. Eine Vorform 18 wird beispielsweise in eine Drückwalzmaschine eingespannt und dabei über ein verzahntes Drückfutter 62 geschoben. Der Innendurchmesser der Vorform 18 entspricht dabei dem Außendurchmesser des Drückfutters 62. Die Vorform 18 wird an ihrem Boden zwischen den beiden Antriebsspindeln 63 und 64 der Drückwalzmaschine eingespannt. Eine Umformeinrichtung ist im hier dargestellten Fall auf einem Zylinder 65 der einen Antriebsspindel 63 (Reitstock) der Maschine befestigt. Ein Kolben 66 stützt sich auf der einen Seite 67 gegen eine Ölfüllung in einer Zylinderkammer 68 ab und spannt auf der anderen, gegenüberliegenden Seite 69 kraftschlüssig die Vorform 18.

[0058] Beim Einwalzen der Verzahnung dreht sich entweder nur das Werkstück bzw. die Vorform 18 mit einer vorgegebenen Drehzahl und die Umformeinrichtung steht still, oder die Vorrichtung 10 dreht sich und das Werkstück 18 steht still. In jedem Fall kommt es dadurch zu einer Eigendrehung und einem planetenförmigen Umlaufen der Wälzkörper 11. Die Drehzahl der Walzen 11 kann entsprechend der zu fertigenden Zahnzahl bzw. Außendurchmesser des Werkstückes durch Variation der Drehzahl von Werkstück oder Umformeinrichtung angepaßt werden.

[0059] Die Formgebung läuft wie in Fig. 9 dargestellt ab, wobei die Fig. 9.1 bis 9.4 die einzelnen Bearbeitungsschritte darstellen. Die Vorform 18 wird durch die Vorwärtsbewegung der einen Antriebsspindel (Hauptspindel) 64 in Richtung zur Umformeinrichtung 10 gefahren (Fig. 9.1). Dabei wird der Kolben 66 in den Zylinder 68 hineingedrückt. Am maximalen Innendurchmesser der Umformeinrichtung 10 berühren die Wälzkörper 11 zunächst den äußeren Radius der Vorform 18. Anschließend wird die Vorform 18 weiter in Richtung zur Umformeinrichtung 10 und in dieses hinein bewegt. Wie vorangehend beschrieben worden ist, drücken sich die Federn 21 in der Umformeinrichtung 10 zusammen und stellen so den wirksamen Innendurchmesser ein. Die rotierenden Wälzkörper 11 walzen dabei die Vorform 18 auf das außenverzahnte Drückfutter 62 auf (Fig. 9.2 und 9.3). Bedingt durch die Kegelform wird der wirksame Innendurchmesser der Umformeinrichtung 10 immer kleiner und das Material wird immer mehr in die Verzahnung gewalzt. Dabei bildet sich eine Innenverzahnung heraus, die im Negativ der Verzahnung des Drückfutters 62 entspricht. Die Vorform 18 wird dabei

gelängt und die Wanddicke reduziert. Während des Einwalzens der Verzahnung kann die Drehrichtung des Werkstückes alternierend gewechselt werden. Der Zeitpunkt einer Richtungsumkehr ist abhängig von der jeweiligen Verzahnungsgeometrie und dem gewählten Vorschub. Mit der Richtungsumkehr wird die Richtung der tangentialen Verdrehung des Werkstückes 18 auf dem Drückfutter 62, wie sie bei konventionellen Drückwalzvorgängen auftritt, geändert. Nach der Verformung fährt die Spindel 64 wieder zurück und das jetzt innenverzahnte Werkstück 70 wird beispielsweise mit einem Abstreifer entfernt.

[0060] Nach der Formung der Innenverzahnung kann noch deren Kalibrierung notwendig sein, die auf verschiedene Arten ausgeführt werden kann:

1. Durch einen konventionellen Drückwalzvorgang mit drei Drückwalzen wird das Material in die Verzahnung gewalzt und auf diese Weise maßlich kalibriert.
2. Durch eine zweite Umformeinrichtung der beschriebenen Art mit einem geringeren Innendurchmesser wird das Material in die Verzahnung des Werkzeugfutters gewalzt. Dadurch wird die Verzahnung auf Endmaß geformt. Auf diese Weise können mit Stufenwerkzeugen in mehreren Schritten Verzahnungen gefertigt werden.
3. Durch ein Nachstellen an der Umformeinrichtung selbst kann der bei der Umformung wirksame Innendurchmesser variiert werden. Über diese Einstellung wird der Innendurchmesser so eingestellt, daß lediglich ein zweiter Umformschritt mit der gleichen Umformeinrichtung notwendig ist, der dann zur Kalibrierung der Verzahnung dient.

[0061] Der Aufbau der Umformeinrichtung läßt sich grundsätzlich in drei Varianten unterscheiden:

1. Die Umformeinrichtung 10 ist auf der einen Antriebsspindel 63 einer Drückwalzmaschine befestigt (Fig. 8). Die Vorform 18 wird zwischen die beiden Antriebsspindeln 63, 64 gespannt und anschließend durch die Umformeinrichtung 10 gefahren.
2. Die Umformeinrichtung 10 ist an einer radial zustellbaren Vorschubeinrichtung 71 einer Drückwalzmaschine befestigt (Fig. 10). Zur Umformung bewegt diese die Umformeinrichtung 10 ins Zentrum der Drückwalzmaschine koaxial zu deren Rotationsachse 46. Die Reitstockspindel 64 fährt durch die Umformeinrichtung 10 und spannt die Vorform 18 auf dem Drückfutter 62. Als Einheit aus Hauptspindel 63 und Reitstock 64 fahren das Drückfutter 62, die Vorform 18 und eine Klemmplatte 73 drehend durch die Umformeinrichtung 10.

Bei diesem Vorgang wird dann die Vorform 18 in das bearbeitete Werkstück umgeformt.

3. Die Verzahnung wird durch eine Pressenoperation eingebracht (nicht dargestellt). Auf einem Pressentisch ist zentrisch zur Umformeinrichtung ein verzahntes, angetriebenes Werkzeugfutter befestigt, auf das eine Vorform geschoben wird. Eine auf dem Stößel der Presse befestigte Umformeinrichtung wird anschließend über die rotierende Vorform gefahren und die Innenverzahnung wird dabei geformt. Alternativ dazu kann ebenso die Umformeinrichtung angetrieben werden, so daß das Werkzeugfutter stillsteht. Durch den Einsatz von Folgewerkzeugen kann im gleichen Schritt die Vorform mit einer Verzahnung versehen werden.

[0062] Grundsätzlich kann vor oder nach dem Einwalzen einer Innenverzahnung noch ein konventioneller Drückwalzprozeß beispielsweise durch Anformung von Profilen oder Naben durchgeführt werden. Außerdem kann, wie in der DE 197 13 440 A1. beschrieben ist, eine Außenverzahnung hergestellt werden. Dazu wird ein Ziehtring mit einer Innenverzahnung über das Werkstück hinweggezogen. Anschließend kann die auf diese Weise hergestellte Außenverzahnung mit einer Synchroeinheit gemäß DE 196 01 020 A1 kalibriert werden.

[0063] Mit dem vorgestellten Verfahren können sehr effektiv Innengerad- oder Innenschrägverzahnungen reproduzierbar geformt werden, die über eine hohe Maßhaltigkeit verfügen. Die durch Einwalzen hergestellten Verzahnungen besitzen ein hohes Maß an Kaltverfestigung, wodurch ggfs. bei geeigneter Werkstoffwahl und Oberflächennachbehandlung eine nachfolgende Wärmebehandlung eingespart werden kann. Eine mechanische Nachbearbeitung der Oberfläche ist in der Regel nicht notwendig. Es lassen sich Werkstücke formen, die bisher spanlos nicht gefertigt werden konnten.

[0064] Somit kann das Verfahren gemäß der Erfindung beispielsweise derart ausgeführt werden, daß

- a) eine Vorform über ein außenverzahntes Werkzeug geschoben und gespannt wird,
- b) ein um das Zentrum der Vorform mit planetenartig umlaufenden, sich um die eigene Achse drehenden Profilwalzen in kegeliger Anordnung aufgebautes Werkzeug verwendet wird,
- c) das Material der Vorform bei gleichzeitiger Drehbewegung in die Verzahnung des Werkzeugfutters gewalzt und eine Innenverzahnung geformt wird,
- d) mit selbstzentrierenden Walzen eine Lagerung der Walzen überflüssig wird, wobei die Walzen auf einem gemeinsamen Außenring abrollen,
- e) der Außenring und die Kegelrollen eines standardgemäßen Kegelrollenlagers als Bestandteile des Umformwerkzeuges eingesetzt werden können,
- f) in einem zweiten Arbeitsgang eine so hergestellte

Verzahnung kalibriert werden kann,

g) sich innengerad- oder schrägverzahnte Werkstücke in einer Aufspannung spanlos fertigen lassen,

h) durch die Kombination mit anderen Umformvorgängen die Fertigung von Außenverzahnungen, zylindrischen Absätze und Naben in einer Aufspannung möglich sind, und

i) durch den Formgebungsprozeß der Werkstoff verfestigt und eine Biegebeanspruchung der Zähne des Werkzeuges weitestgehend vermieden wird.

[0065] In Fig. 13 ist eine weitere erfindungsgemäße Drückwalzvorrichtung 80 teilweise dargestellt. Eine topfförmige Vorform 18 ist zwischen einem Drückfutter 82 mit einer Außenverzahnung 81 und einem Reitstock 84 fest eingespannt. Zum Anformen der Vorform 18 an die Außenverzahnung 81 wird ein Umformeinrichtung 10 mit Wälzkörpern 11 verwendet, welche im wesentlichen den zuvor beschriebenen Umformeinrichtungen entspricht. Der Käfig 13 zur Lagerung der Wälzkörper 11 umfaßt axiale und radiale Gleitflächen ohne zusätzliche Lager im Gehäuse 15.

[0066] Das Drückfutter 82 ist drehfest auf einem Dekkel 87 angebracht, welcher an einem im wesentlichen rohrförmigen Hauptspindelstutzen 83 angeflanscht ist. Der über einen nicht dargestellten Antrieb in Rotation versetzbare Hauptspindelstutzen 83 weist in seinem inneren Hohlraum eine Spanneinrichtung 88 auf. Die Spanneinrichtung 88, welche in dem dargestellten Ausführungsbeispiel ein Tellerfederpaket ist, kann auch eine hydraulische Feder sein. Das Tellerfederpaket ist zwischen einem ringförmigen Anschlag 91 und einer in dem Hauptspindelstutzen 83 verschiebbaren Druckplatte 89 angeordnet. An der Druckplatte 89 sind mehrere Druckbolzen 90 befestigt, welche durch entsprechend ausgebildete Öffnungen den Deckel 87 durchdringen. Die Druckbolzen 90 kontaktieren eine Stirnseite eines hülsenförmigen Gegenhalters 85, welcher axial verschiebbar auf dem Drückfutter 82 gelagert ist. Der Gegenhalter 85 liegt mit seinem dem Druckbolzen 90 abgewandten Ende an einer Stirnseite am freien Ende der Vorform 18 an, um einer unerwünschten Längung der Vorform 18 beim Einformen der Innenverzahnung entgegenzuwirken.

[0067] Der Verschiebeweg des Gegenhalters 85 auf dem Drückfutter 82 wird durch einen radial nach innen vorspringenden Absatz 86 an dem Gegenhalter 85 begrenzt, welcher in eine entsprechend ausgebildete Nut am Drückfutter 82 eingreift.

[0068] Von der Spanneinrichtung 88 wird über die Druckplatte 89 und die Druckbolzen 90 auf den Gegenhalter 85 eine axiale Spannkraft in Richtung auf die Vorform 18 ausgeübt. Durch den Vorschubdruck kann bei sehr hohen Vorschüben eine Längung der dünnwandigen Vorform 18 reduziert oder ganz vermieden werden, so daß das Material in die Außenverzahnung 81 des Drückfutters 82 und nicht in die Längung hineinfließt.

Das Zahnprofil der auszuformenden Innenverzahnung an der Vorform 18 kann so besser ausgefüllt werden. Durch den verschiebbaren und axial vorgespannten Gegenhalter 85 wird sichergestellt, daß mit fortschreitender Zahnfüllung der Gegenhalter durch ein überschüssiges Restmaterial zurückgeschoben werden kann. Dies reduziert die Belastung der Außenverzahnung 81 an dem Drückfutter 82 und verhindert so einen frühzeitigen Zahnbruch. Die Größe der Kraft des Gegenhalters 85 richtet sich nach dem Widerstand der umzuformenden Vorform 18. Für eine gleichmäßige Zahnausfüllung ist es bevorzugt, daß die Spanneinrichtung 88 einen konstanten Druck ausübt, wie dies beispielsweise durch ein Tellerfederpaket oder eine hydraulische Feder in einfacher Weise erreichbar ist. Um eine Umformung der Vorform 18 bis nahe an den Gegenhalter 85 zu erzielen, weist der hülsenförmige Gegenhalter 85 an seinem Ende eine Schräge 92 auf, deren Schrägungs- oder Kegelwinkel an den Winkel der konisch angeordneten Wälzkörper 11 angepaßt ist.

[0069] In Fig. 14 ist eine weitere erfindungsgemäße Vorrichtung gezeigt, bei der ein ringförmiges Drückfutter 82a mit einer Innenverzahnung 94 vorgesehen ist. An dem Drückfutter 82a ist als Werkstück eine Vorform 18 mit einer Mittenöffnung eingespannt. Über einen nicht dargestellten Antrieb ist das Drückfutter 82a relativ zu einer Spindel 93 um eine Rotationsachse 46 drehbar. Mit einer axialen Relativbewegung zwischen dem Drückfutter 82a und der Spindel 93 wird die Umformung erreicht. Ein Ausstoßer 78 kann zur nicht dargestellten axialen Einspannung entsprechend der Art zu Fig. 13 und/oder zum Ausstoßen des fertigen Werkstücks benutzt werden. Der Ausstoßer 78 kann feststehend oder mitdrehend angeordnet sein.

[0070] Zum Bilden eines Umformdorns ist eine Umformeinrichtung 95 an einer Spindel 93 mittels einer Spannplatte 96 angebracht. Die Umformeinrichtung 95 umfaßt einen Käfig 13 und einen radial innen liegenden konischen Laufring 14. Der Käfig 13 besteht aus einem Laufringgrundkörper 13a und einem Verschlußring 13b. In dem Käfiggrundkörper 13a sind taschenförmige Ausnehmungen vorgesehen, in welche kegelförmige Wälzkörper 11 eingelegt und durch den aufgeschraubten Verschlußring 13b axial gehalten sind. Die taschenförmigen Ausnehmungen verjüngen sich radial nach außen zum Werkstück hin. Die Wälzkörper 11 weisen jeweils eine Wälzkörperachse 9 auf, die zu der Rotationsachse 46 in einem spitzen Winkel steht. Mit dieser konischen Anordnung einer Vielzahl von Wälzkörpern 11 an dem Umformdorn ist es möglich, durch axiales Verfahren des Umformdornes in die Mittenöffnung der Vorform 18 diese radial nach außen gegen die Innenverzahnung 94 an dem Drückfutter 82a zu drücken. Hierdurch wird an dem Werkstück eine entsprechende Außenverzahnung ausgebildet.

[0071] Eine andere erfindungsgemäße Vorrichtung ist in Fig. 15 dargestellt, bei welcher die obere Hälfte einen Zustand zu Beginn des Umformens und die untere

Hälfte einen Zustand gegen Ende des Umformens zeigt.

[0072] An einem Drückfutter 82 mit einer Außenverzahnung 81 ist eine topfförmige Vorform 18 eingespannt und drehbar um die Rotationsachse 46 angetrieben. Die Vorform 18 wird durch axiales Zustellen des Reitstockes 84 festgespannt, an dem eine Umformeinrichtung mit einem ringförmigen Käfig 13 und darin gelagerten Wälzkörpern 11 angebracht ist. Die Wälzkörper 11 sind in dem Käfig 13 drehbar und in einer radialen Richtung zur Rotationsachse 46 verschiebbar in Ausnehmungen gelagert und axial fixiert. Weiterhin ist ein Laufring 14 mit einer konischen Abrollfläche 98 in einem nicht drehbaren Stellelement 97 angebracht, welches zum Reitstock 84 axial verschiebbar ist. Nach dem Spannen der Vorform 18 wird das Stellelement 97 etwa mit einem hydraulischen Kolben um einen Hub  $h$  in Richtung auf das Drückfutter 82 verschoben. Durch den konischen Abrollbereich 98 im Zusammenwirken mit der konischen Anordnung der Wälzkörper 11 ergibt sich ein Keilschiebermechanismus, durch welchen die Wälzkörper 11 radial nach innen geschoben werden und dabei die zylindrische Wandung der Vorform 18 in die Außenverzahnung 81 gedrückt wird. Auch hier kann, je nach gewünschter Betriebsart, Stellelement 97 feststehend und Drückfutter 82, mit Reitstock 84 und Vorform 18 drehend um Rotationsachse 46 oder Stellelement 97 um Rotationsachse 46 drehend und Drückfutter 82, mit Reitstock 84 und Vorform 18, feststehend angeordnet werden. In beiden Fällen dreht der Käfig 13 relativ zu Stellelement 97 und Drückfutter 82, so daß die Wälzkörper 11 planetenförmig die Rotationsachse 46 umkreisen.

[0073] Eine andere Ausführungsform des in Fig. 15 gezeigten Prinzips ist Fig. 16 entnehmbar. In einem Käfig 13 sind zwei Wälzkörper 11 drehbar und radial verschiebbar gelagert, welche ein Außenprofil mit in Umfangsrichtung umlaufenden Nuten und Vorsprüngen aufweisen. Die Wälzkörper 11 sind in einfacher Weise in taschenförmige Ausnehmungen an einem Käfiggrundkörper 13a eingelegt und in diesen Ausnehmungen drehbar und verschiebbar gehalten und durch einen Verschlußring 13b axial lagefixiert. Des weiteren ist ein Stellelement 97 vorgesehen, das neben einer Verschiebewegung in axialer Richtung auch die Funktion des Laufringes übernimmt. Hierzu ist ein konischer Abrollbereich 98 vorgesehen, an dem die Wälzkörper 11 abrollen.

[0074] Die feststehende, axial verschiebbare Vorform 18 wird auf einen Formbereich 82b des Drückfutters 82 an einen feststehenden Dorn 79 geschoben. Der Dorn 79 ist auch axial fixiert. Das angetriebene und mittels Lager 100 drehbar und axial gelagerte Stellelement 97 erhält durch die axiale Verschiebewegung im Bereich der konischen Laufflächen 98 Kontakt mit den konischen Laufflächen 98a der Wälzkörper 11.

[0075] Die Wälzkörper 11 sind nach dem zuvor schon beschriebenen Prinzip gelagert:

tangential: durch den Käfig 13 mit den radialen Nuten, bei denen eine kleinere Öffnung innen liegt;

radial: durch die konischen Laufflächen 98a, nach außen begrenzt durch Kontakt mit den Laufflächen 98 des Stellelementes 97; nach innen kann eine Begrenzung 99 durch den Dorn 79 zur Fixierung des gewünschten Fertigdurchmessers des Profils auf der Vorform 18 vorgenommen werden;

axial: durch den Käfig 13 mit Verschlußring 13b.

[0076] Die Fig. 16 zeigt die Situation der Ausführungsform nach durchgeführter Umformung, d.h., die Wälzkörper 11 haben Kontakt mit der Begrenzung 99 des Domes 79 und der axiale Hub H des Stellelementes 97 ist ausgefahren. Zur Beschickung des Umformwerkzeuges wird das Stellelement 97 zurückgefahren, die Wälzkörper 11 haben keinen Kontakt mit Begrenzung 99. Sie stehen in Distanz zu dieser Begrenzung 99. Das fertige Werkstück wird durch die Wälzkörper 11 freigegeben. In dieser Position der Wälzkörper 11 kann die Vorform 18, welche ein Rohr ist, ersetzt werden. Die Vorform 18 wird in Position durch Spanneinrichtung am Drückfutter 82 gespannt. Sobald das angetriebene, drehende Stellelement 97 Kontakt im Bereich der konischen Laufflächen mit den axial fixierten Wälzkörpern 11 im Käfig 13 erhält, wälzen sich die Wälzkörper 11 auf den konischen Laufflächen 98 ab. Dabei dreht der Käfig 13 um die Rotationsachse 46, so daß die Wälzkörper 11 die im Zentrum der Rotationsachse 46, auf dem Zapfen 18a befindliche Vorform 18 planetenartig umkreisen. Dabei dreht sich der Käfig 13 ebenfalls um die Rotationsachse 46. Mit zunehmendem axialen Hub H des Stellelementes 97 werden die Wälzkörper 11, durch die Konizität der Lauffläche 98 im Stellelement 97 radial in Richtung Vorform 18 verschoben. Dabei werden die Wälzkörper 11 axial durch den Käfig 13 in Position gehalten.

[0077] Für größere Werkstücke besteht, je nach gewünschter Betriebsart, die Möglichkeit, das Stellelement 97 radial festzusetzen und Dorn 84 mit Vorform 18 zu drehen. Aus der Spanneinrichtung am Drückfutter 82 wird dann ein mitlaufender Reitstock.

[0078] Die in Fig. 16 dargestellte Vorrichtung ist im Maßstab 1:1 gezeigt. Hierdurch wird verdeutlicht, daß nach der Erfindung eine besonders einfache und damit auch sehr kompakte Anordnung zum Drückwalzen selbst kleiner Teile möglich ist. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist die Vorform 18 ein Rohrstück, an dessen freiem Ende eine Anschlußbuchse eingeformt wird.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Drückwalzen, bei dem eine Vorform an einem Drückfutter eingespannt und mittels mindestens einem Wälzkörper umgeformt wird, wobei

die Vorform relativ zu dem Wälzkörper um eine Rotationsachse rotiert, dadurch gekennzeichnet,

daß die Vorform (18) durch eine Vielzahl von Wälzkörpern (11) umgeformt wird, welche ringartig um die Rotationsachse (46) angeordnet und in einem Käfig (13) jeweils drehbar gelagert sind.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

daß die Vorform (18) beim Umformen in einer relativen Axialbewegung zu den ringartig angeordneten Wälzkörpern (11) bewegt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,

daß die Vorform (18) durch kegelige Wälzkörper (11) umgeformt wird, die zur Rotationsachse (46) der Vorform (18) in geneigter Anordnung in einem konischen Laufring (14) abrollen.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,

daß die Vorform (18) durch zueinander axial versetzt angeordnete Wälzkörper (11) umgeformt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet,

daß die Vorform (18) durch Wälzkörper (11) umgeformt wird, die in einer Umformeinrichtung (10) in zwei parallelen, zur Rotationsachse senkrechten Ebenen verteilt angeordnet sind.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet,

daß Wälzkörper (11) unterschiedlicher Formen in einer Umformeinrichtung (10) verwendet werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet,

daß durch kugelige Wälzkörper in einer ersten Bearbeitungsebene oder -bereich eine erste Umformung einer Vorform, z. B. einer Ronde, vorgenommen wird und daß durch kegelige Wälzkörper in einer nachgeordneten zweiten Bearbeitungsebene oder -bereich eine zweite

Umformung der Vorform vorgenommen wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch **gekennzeichnet**,

daß die radiale Positionierung der Wälzkörper (11) gegen eine Federkraft eingestellt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch **gekennzeichnet**,

daß die relative Drehrichtung zwischen der Vorform (18) bzw. dem Drückfutter (82) und den Wälzkörpern (11) alternierend gewechselt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch **gekennzeichnet**,

daß die relative Bewegung zwischen den Wälzkörpern (11) und der Vorform (18) durch Rotation eines Außenringes, in dem die Wälzkörper (11) abrollen, bei stillstehender Vorform (18), durch Rotation der Vorform (18) bei stillstehendem Außenring, oder durch eine Rotation des Außenringes und der Vorform (18) erzeugt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch **gekennzeichnet**,

daß als Vorform (18) ein rotationssymmetrisches Blechwerkstück verwendet wird, welches an das Drückfutter (82) mittels der ringartig angeordneten Wälzkörper (11) gedrückt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch **gekennzeichnet**,

daß die Vorform (18) an einem zylindrischen Drückfutter (82) eingespannt wird, welches an seinem Außenumfang mit einer Profilierung, insbesondere einer Außenverzahnung (81), versehen ist, und  
daß beim Umformen die Wälzkörper (11) ringartig um das Drückfutter (82) herum angeordnet sind, wobei die Vorform (18) durch die Wälzkörper (11) gegen den Außenumfang gedrückt und ein Innenprofil eingeformt wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch **gekennzeichnet**,

daß die Vorform (18) eine Mittenöffnung aufweist und an einem ringförmigen Drückfutter (82a) mittig eingespannt wird, dessen Ringinnenseite mit einer Profilierung, insbesondere

einer Innenverzahnung (94), versehen ist, und daß zum Umformen in die Mittenöffnung der Vorform (18) ein Umformdorn axial zugestellt wird, an dem die Wälzkörper (11) ringartig angeordnet sind, wobei die Vorform (18) durch die Wälzkörper (11) gegen die Ringinnenseite des Drückfutters (82a) gedrückt und ein Außenprofil eingeformt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch **gekennzeichnet**,

daß beim Umformen die Wälzkörper (11) in dem Käfig (13) zumindest in einer radialen Richtung verschoben werden.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12 und 14, dadurch **gekennzeichnet**,

daß über das nach dem Umformen der Vorform erhaltene Werkstück ein Ziehring mit einem Innenzahnprofil zum Herstellen einer Außenverzahnung gezogen wird.

16. Drückwalzvorrichtung, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 15, mit

- einer Umformeinrichtung, welche mindestens einen Wälzkörper (11) aufweist,
- einem Drückfutter (82), an welchem eine Vorform (18) gehalten ist und welches relativ zur Umformeinrichtung axial verschiebbar ist, und
- einem Antrieb zum Erzeugen einer Rotation der Vorform (18) relativ zur Umformeinrichtung, dadurch **gekennzeichnet**,
- daß die Umformeinrichtung einen Käfig (13) aufweist, in welchem eine Vielzahl von Wälzkörpern (11) ringartig um eine Rotationsachse (46) angeordnet sind und
- daß die Wälzkörper (11) in dem Käfig (13) jeweils drehbar gelagert sind.

17. Drückwalzvorrichtung nach Anspruch 16, dadurch **gekennzeichnet**,

daß die Wälzkörper (11) zylindrisch oder kegelig als Umformrollen ausgebildet sind und jeweils drehbar um eine Wälzkörperachse (9) gelagert sind und  
daß die Wälzkörperachse (9) zur Rotationsachse (46) in einem schrägen Winkel, insbesondere einem Winkel zwischen 10° und 60°, angeordnet sind.

18. Drückwalzvorrichtung nach Anspruch 16 oder 17, dadurch **gekennzeichnet**,

daß die Umformeinrichtung einen Laufring (14) aufweist, an dem Wälzkörper (11) in einem Abrollbereich (98) anliegen und beim Umformen abrollen.

form (18) angeordnet ist und  
daß der Gegenhalter (85) in Richtung auf die Vorform (18) vorgespannt ist.

5

19. Drückwalzvorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet,

daß der Abrollbereich (98) des Laufringes (14) konusförmig ist, 10  
daß die Wälzkörper (11) in dem Käfig (13) in einer radialen Richtung verschiebbar gelagert sind und  
daß zum radialen Verschieben der Wälzkörper (11) der Laufring (14) in einer axialen Richtung 15  
verstellbar ist.

20. Drückwalzvorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 19, dadurch gekennzeichnet, 20

daß das Drückfutter (82) zylindrisch ausgebildet ist und  
daß die Umformeinrichtung ringförmig ausgebildet ist, an deren Innenseite die Wälzkörper 25  
(11) vorstehen.

21. Drückwalzvorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 19, dadurch gekennzeichnet, 30

daß das Drückfutter (82a) ringförmig ist und  
daß die Umformeinrichtung als ein zylindrischer oder konischer Umformdorn ausgebildet ist, an dessen Außenseite die Wälzkörper (11) 35  
vorstehen.

22. Drückwalzvorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 21, dadurch gekennzeichnet, 40

daß die Wälzkörper (11) zur drehbaren Lagerung in taschenförmige Ausnehmungen in dem Käfig (13) eingelegt sind. 45

23. Drückwalzvorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 22, dadurch gekennzeichnet,

daß die Wälzkörper (11) mit einem Außenprofil 50  
versehen sind.

24. Drückwalzvorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 23, dadurch gekennzeichnet, 55

daß an dem Drückfutter (82) ein Gegenhalter (85) zum Kontaktieren einer Stirnseite der Vor-

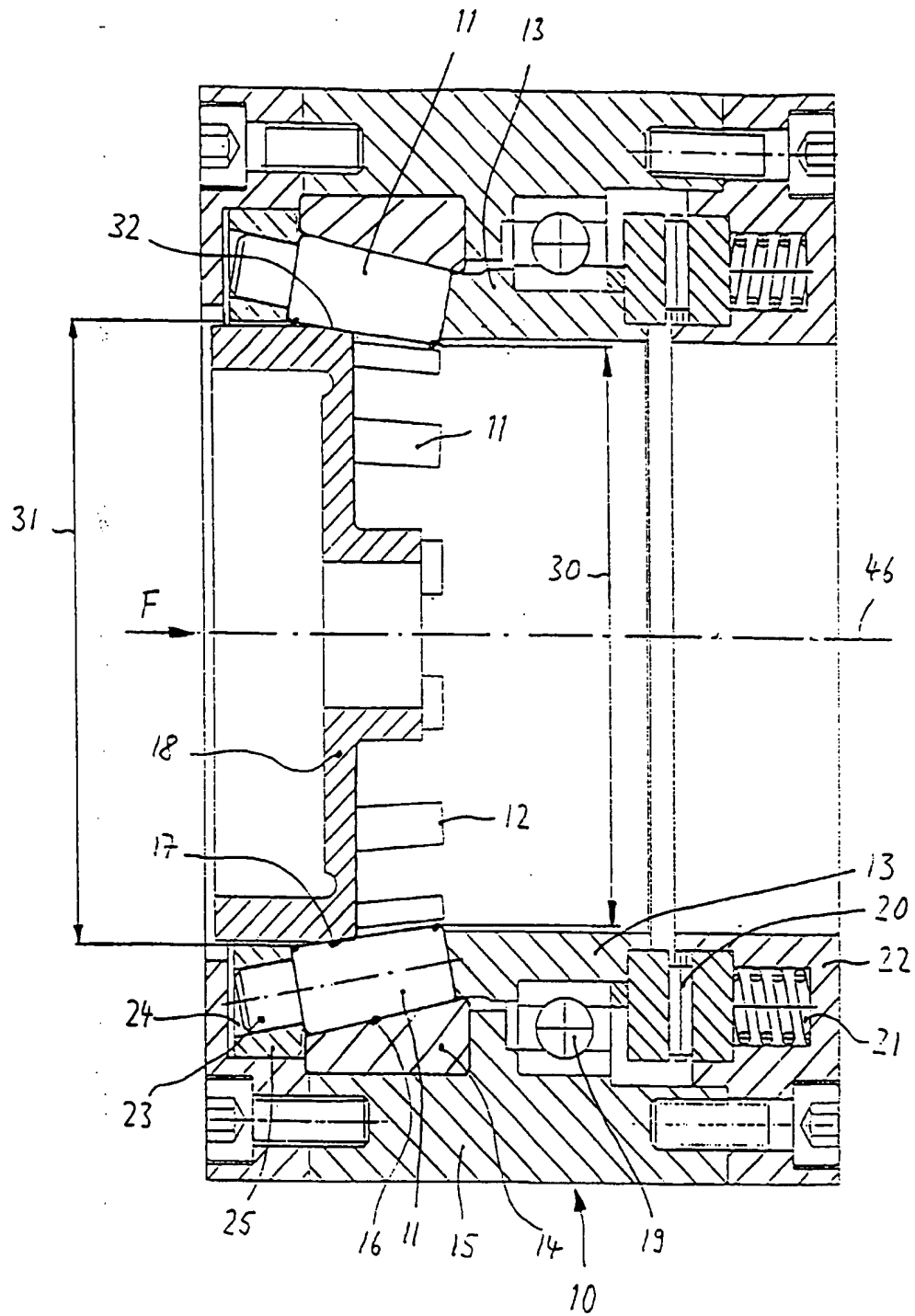


Fig. 1

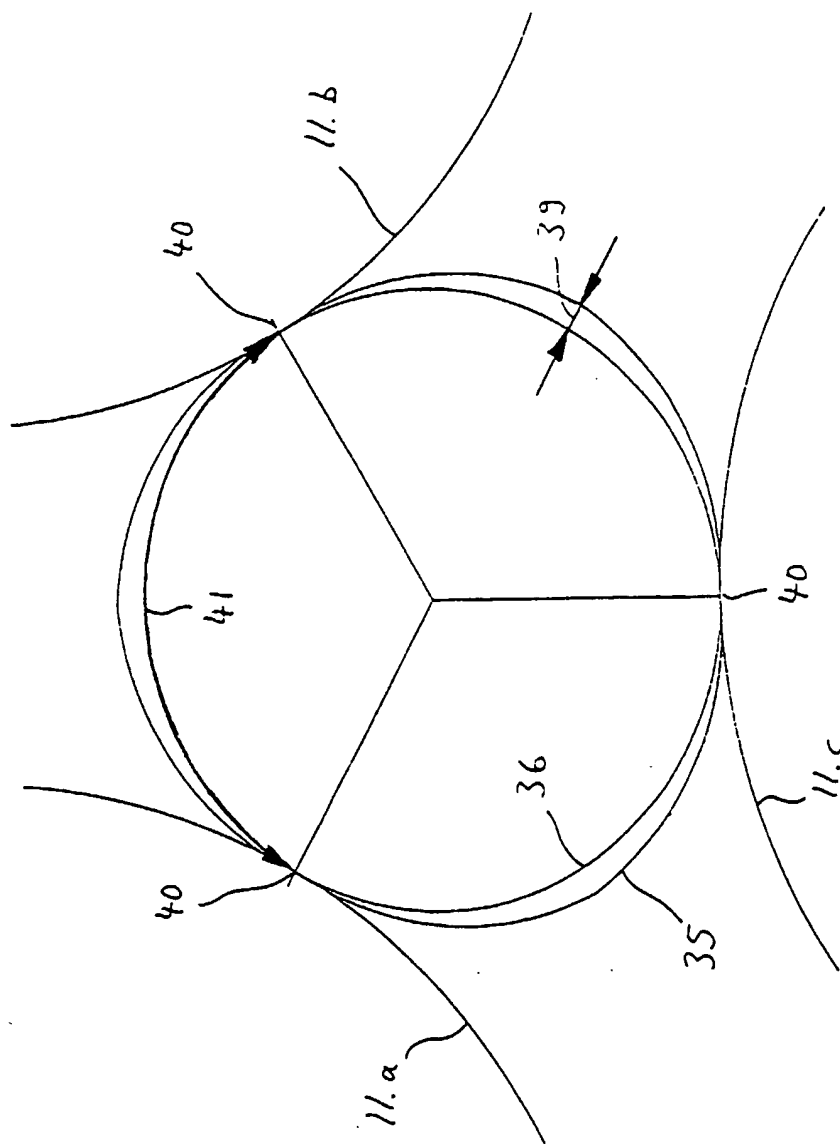
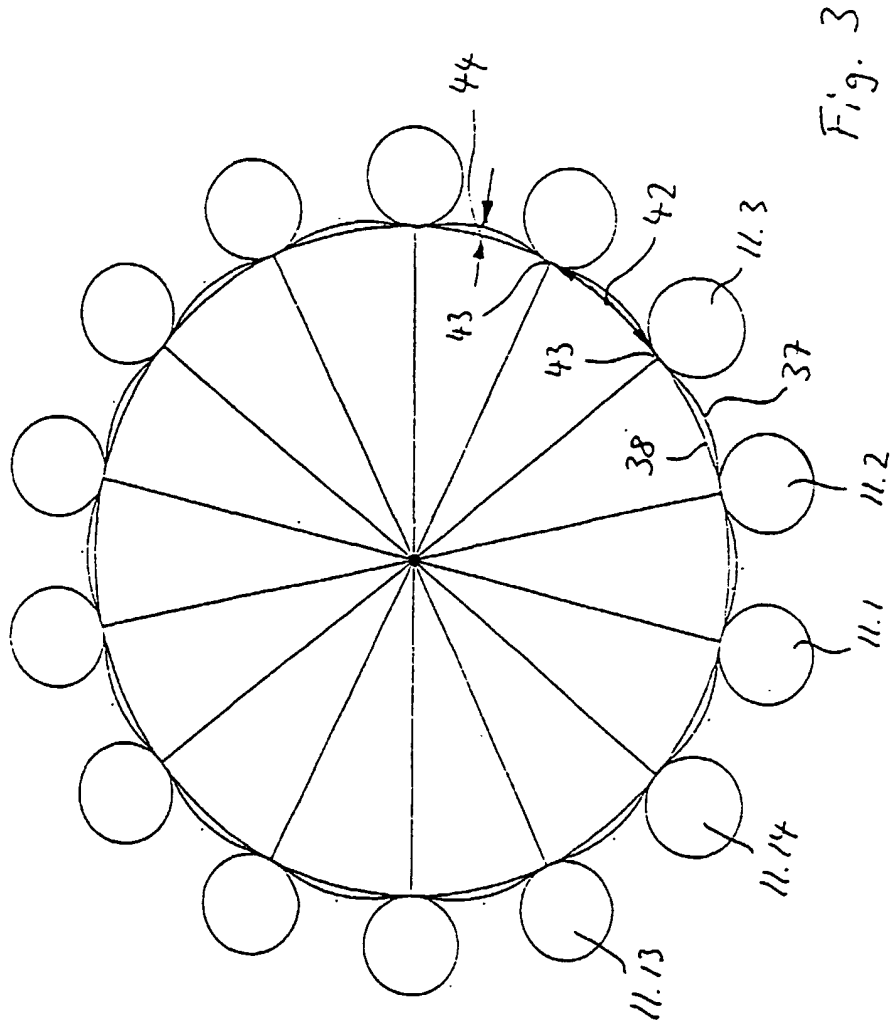


Fig. 2





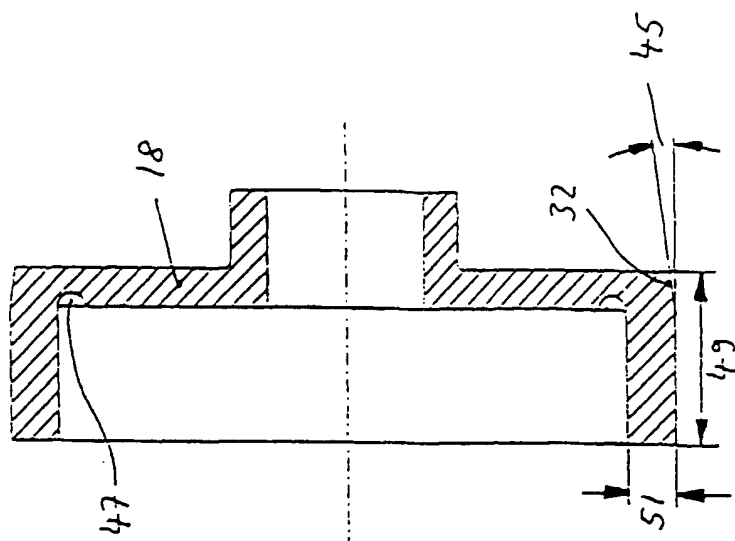


Fig. 4

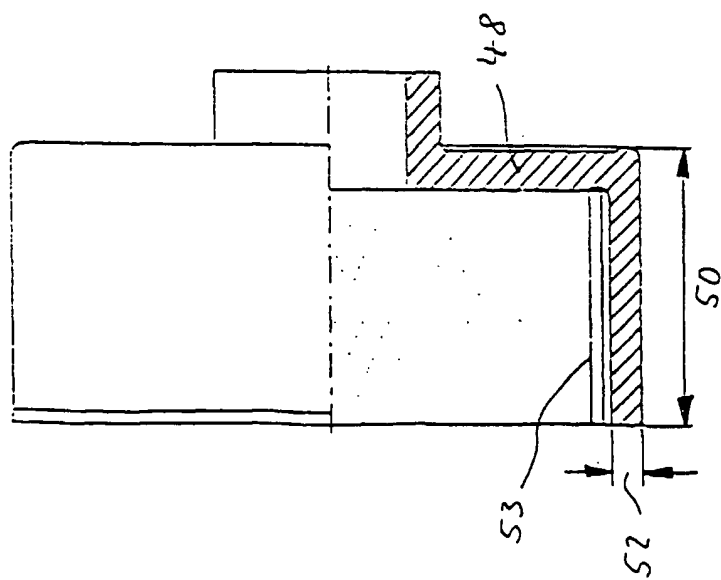
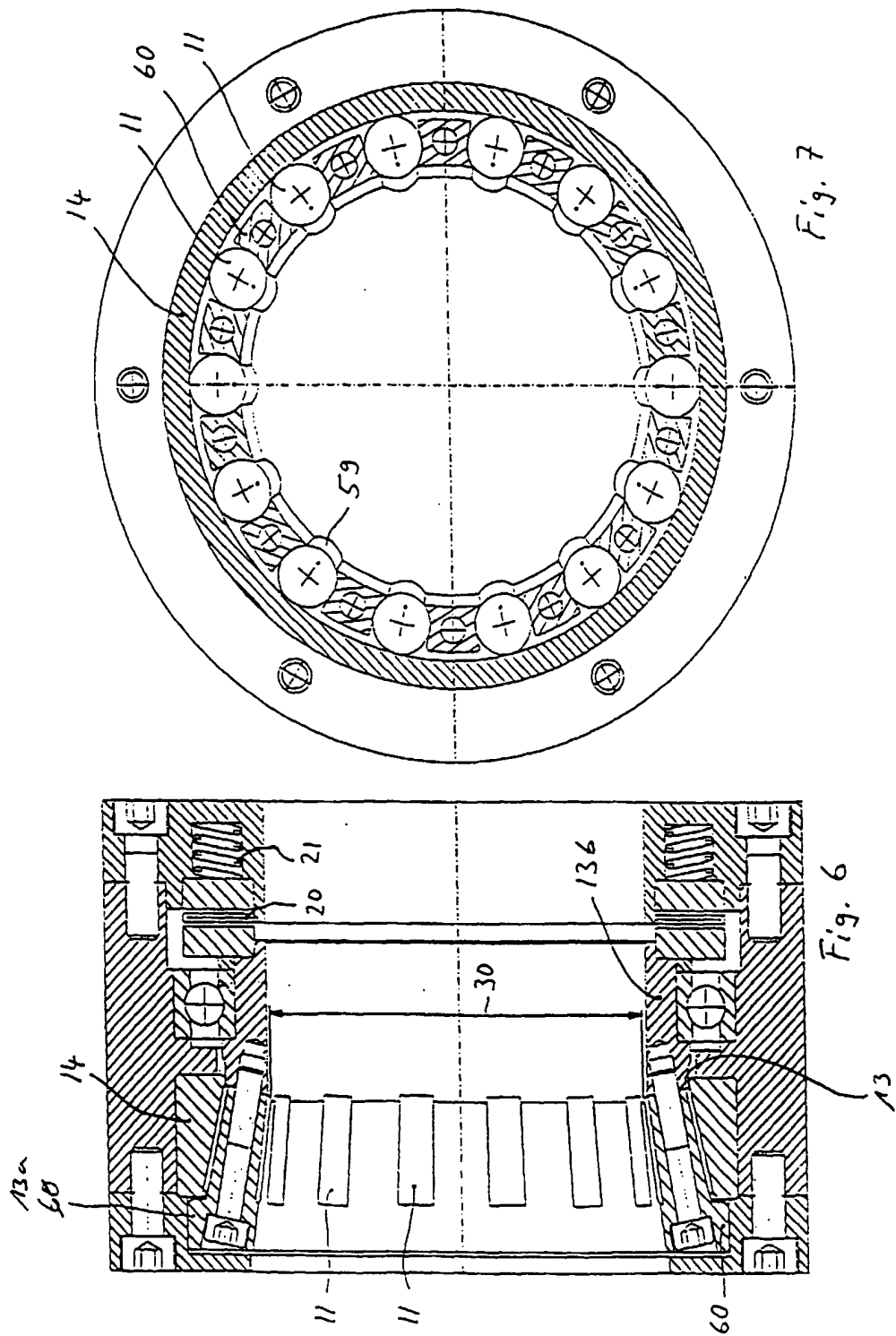
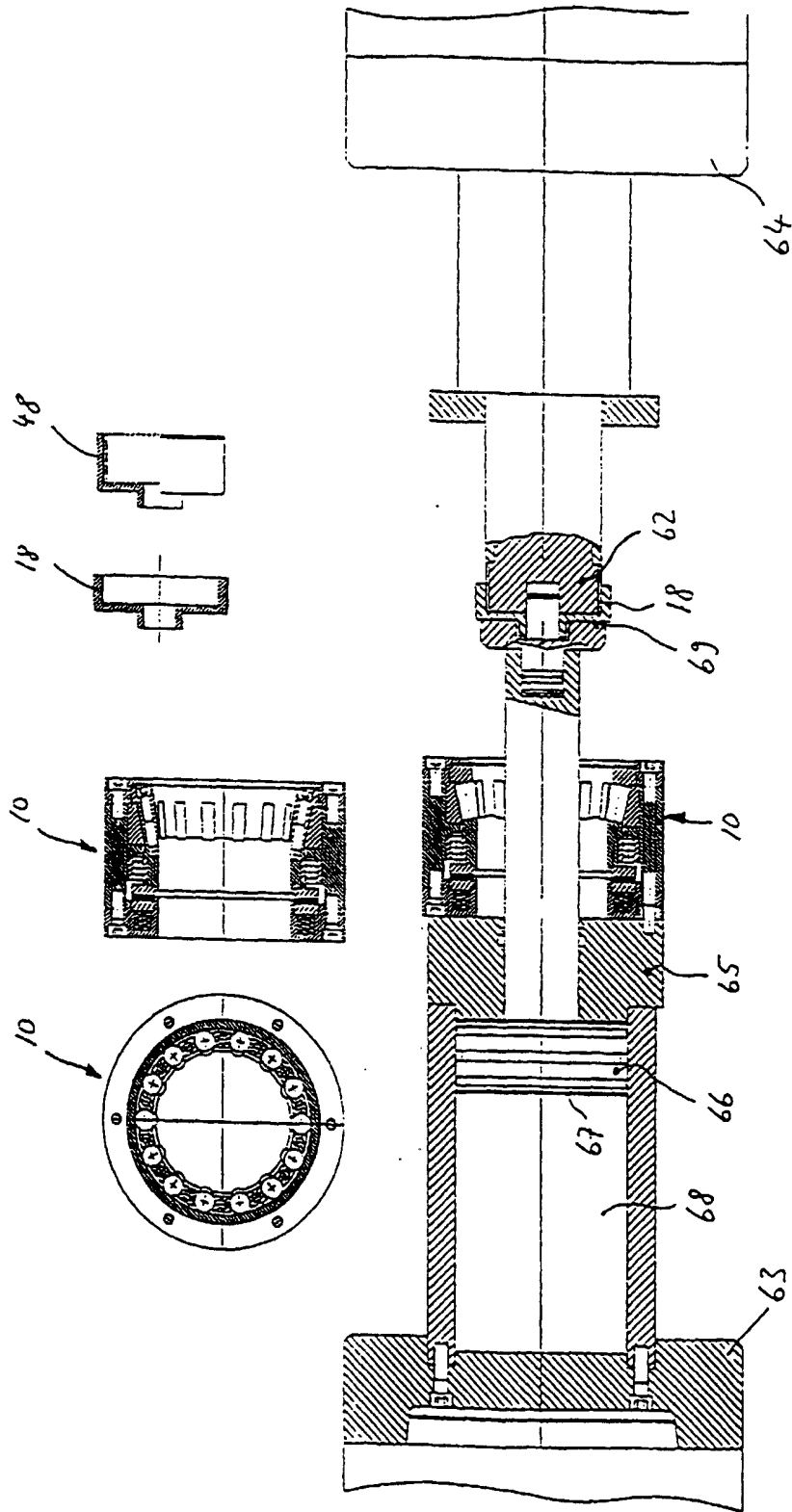


Fig. 5





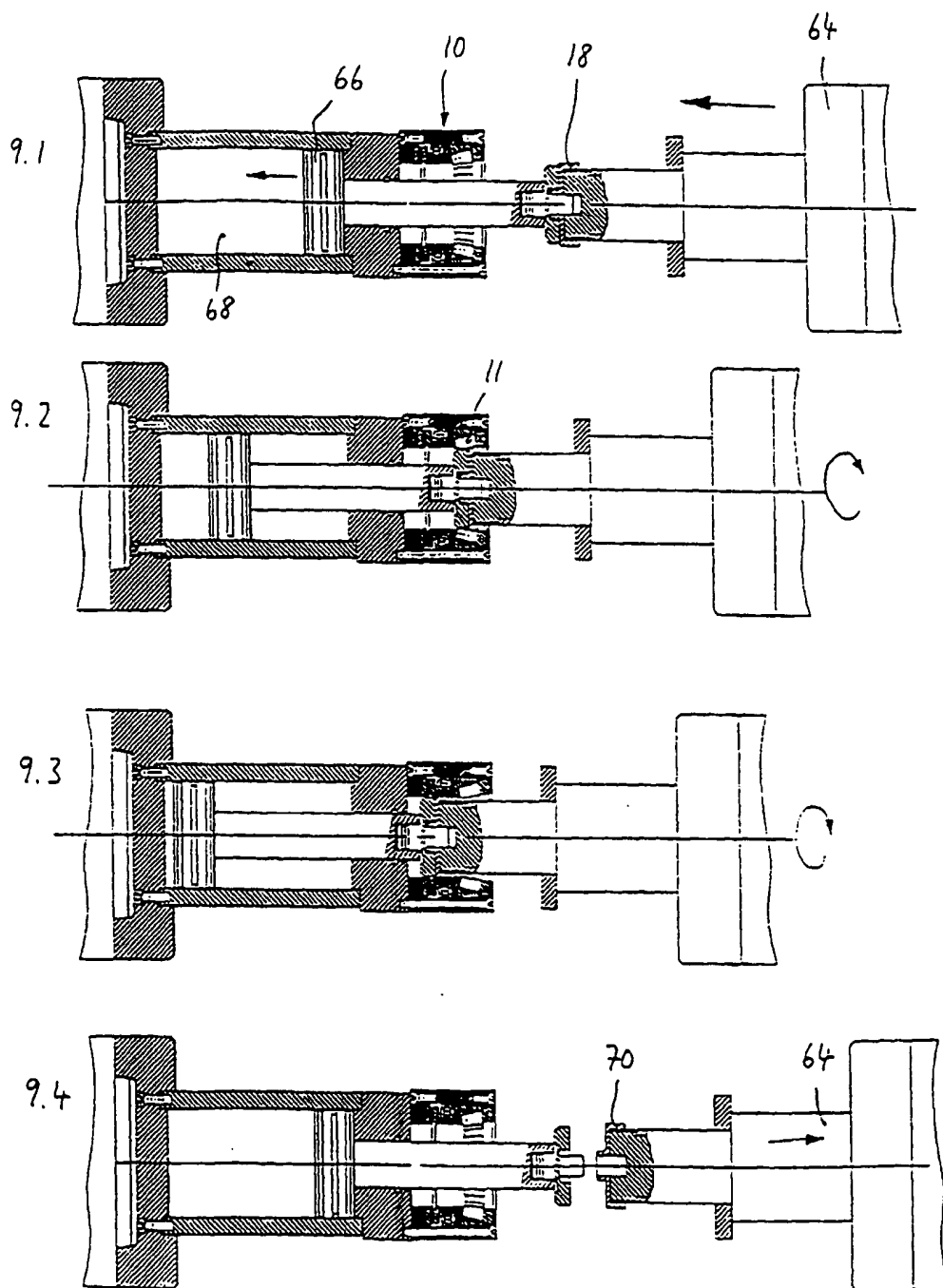


Fig. 9

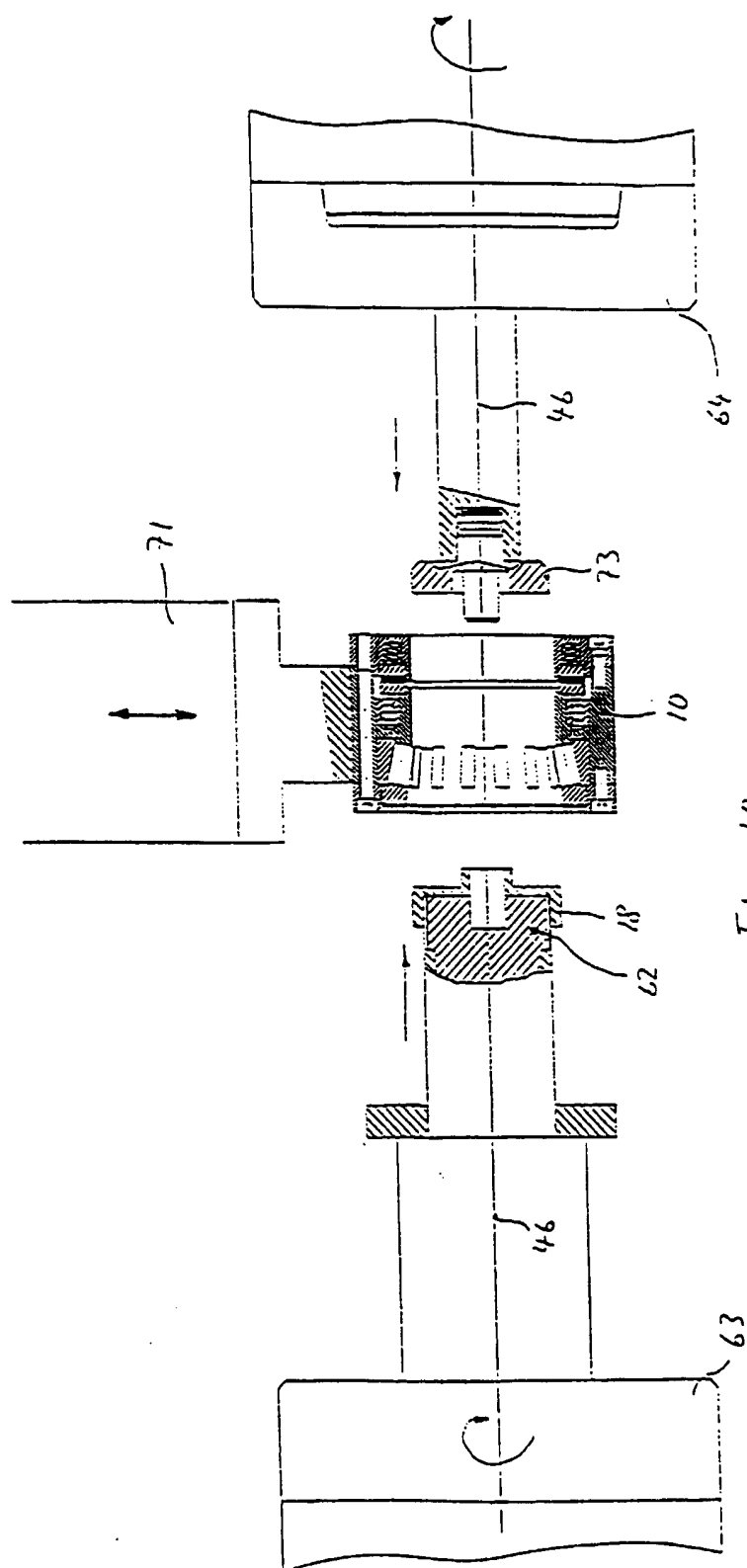


Fig. 10

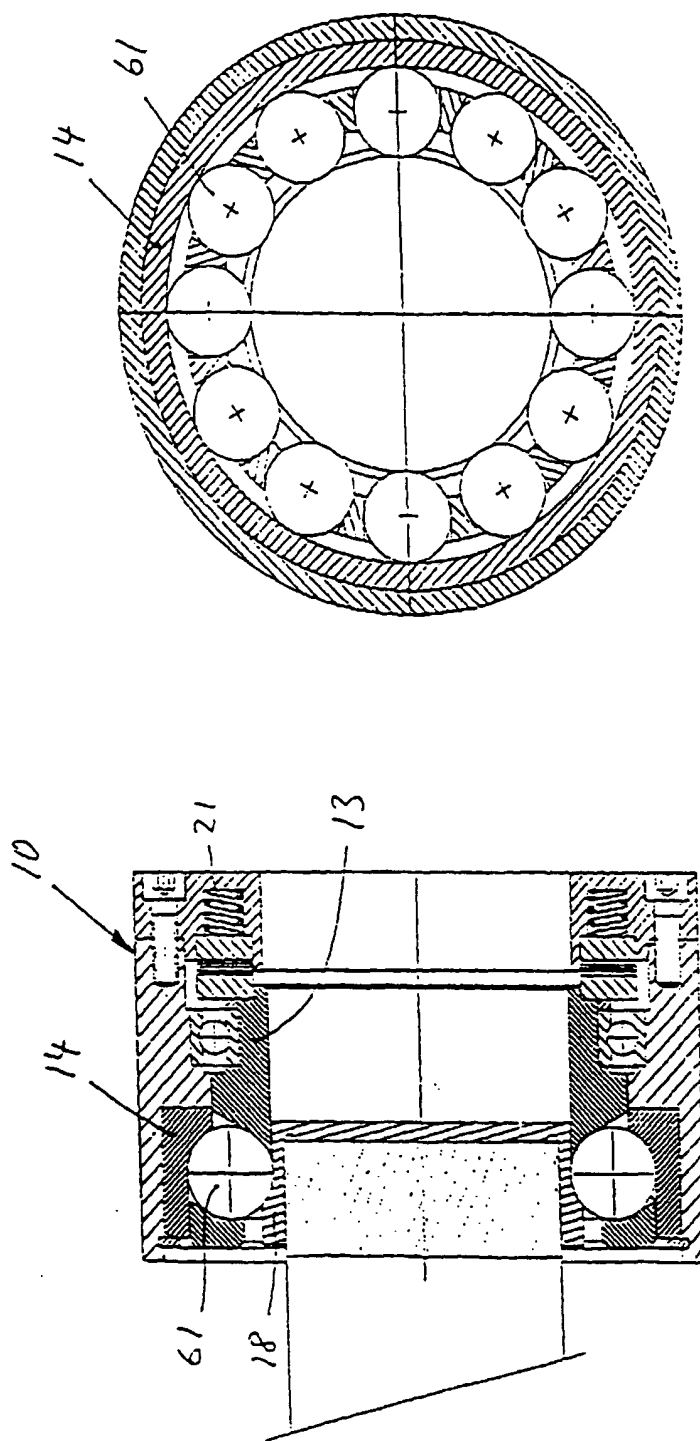
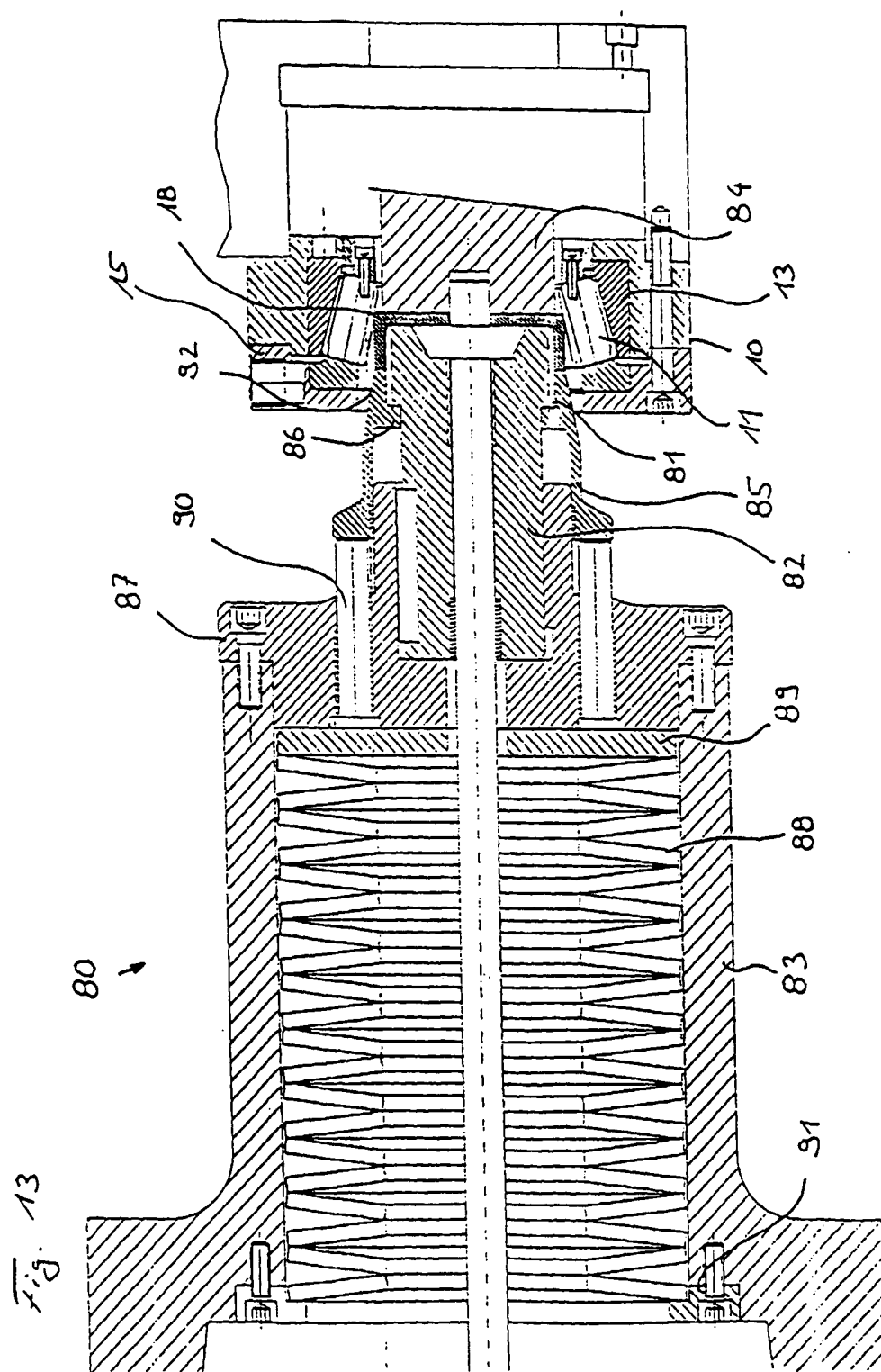
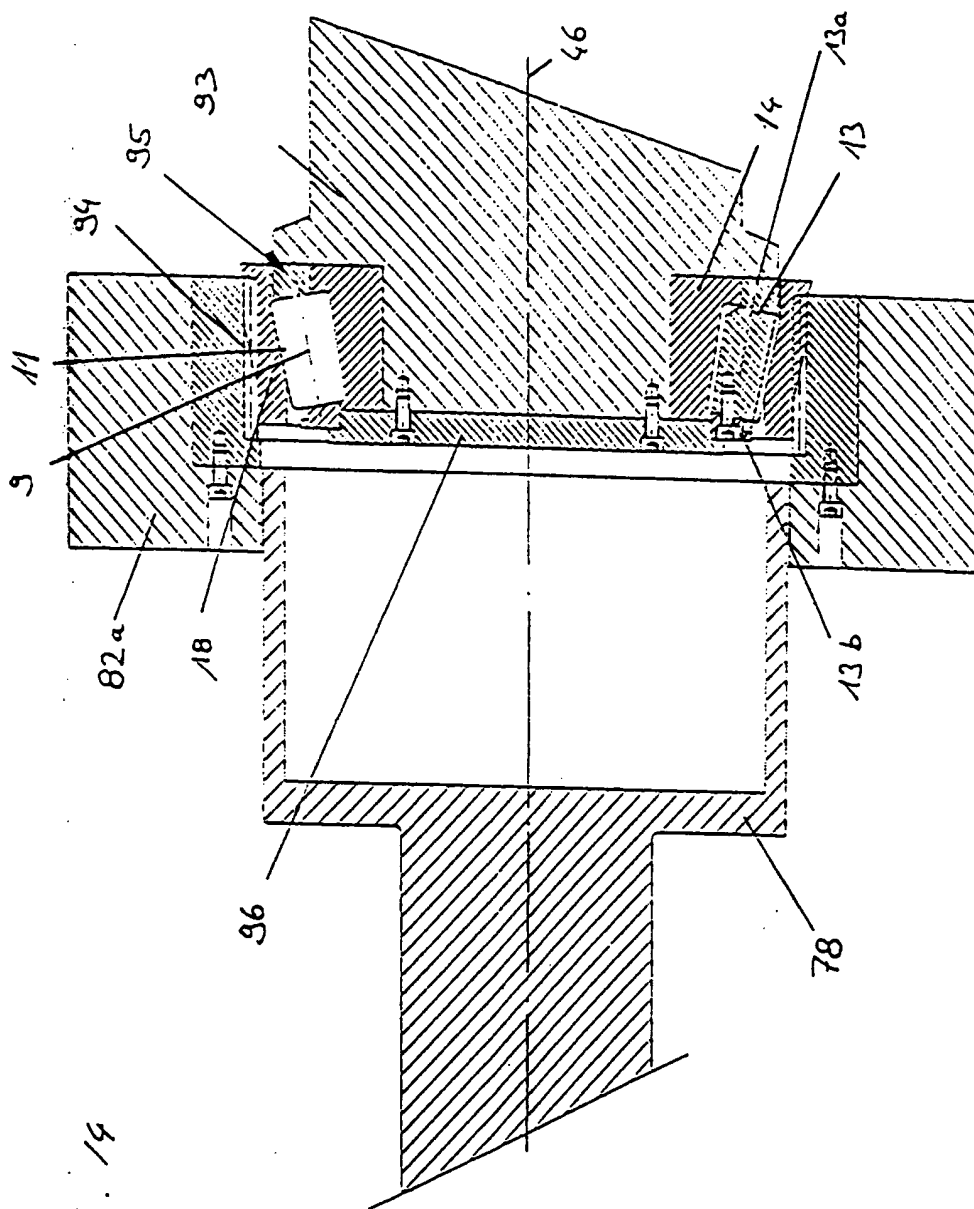


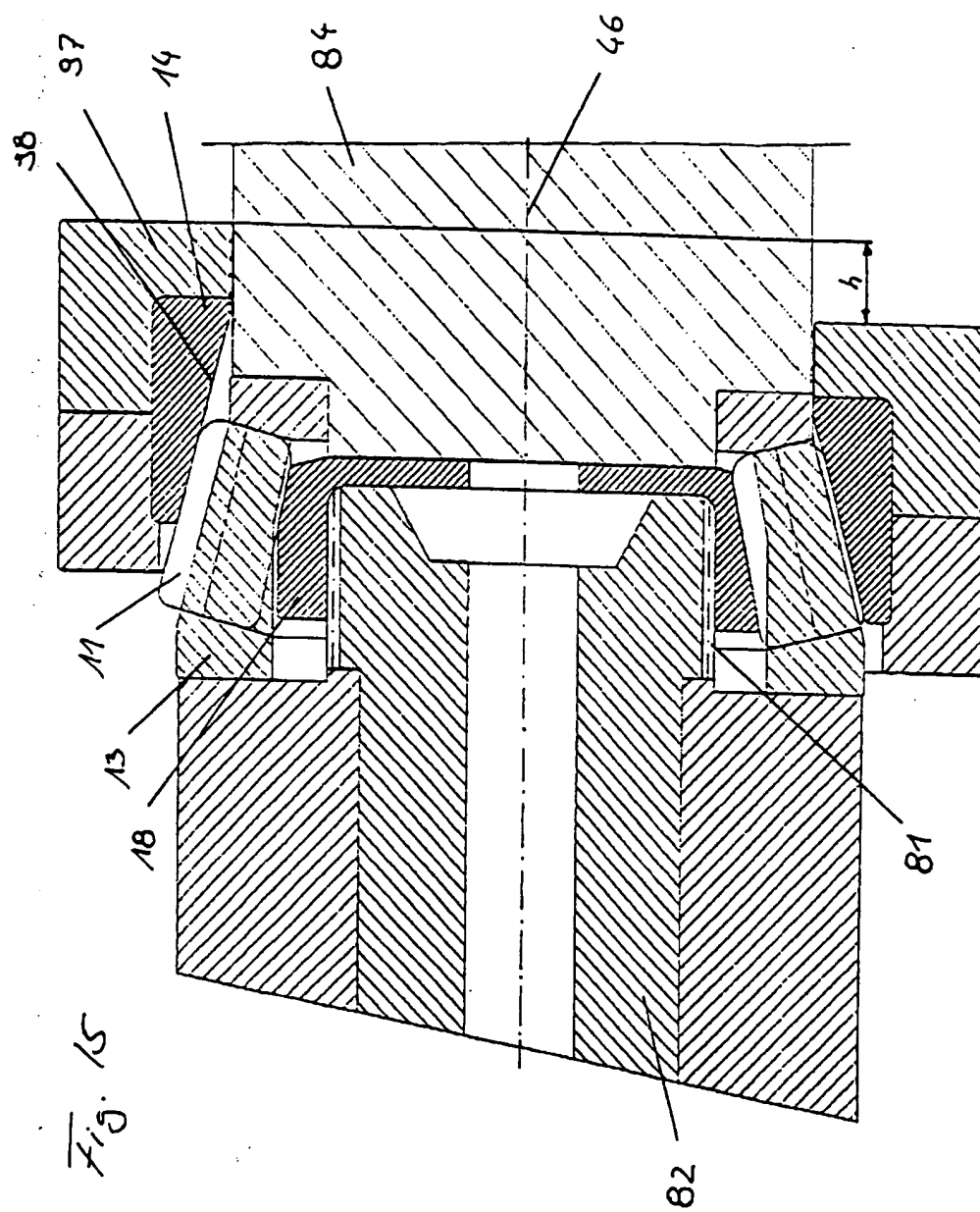
Fig. 12

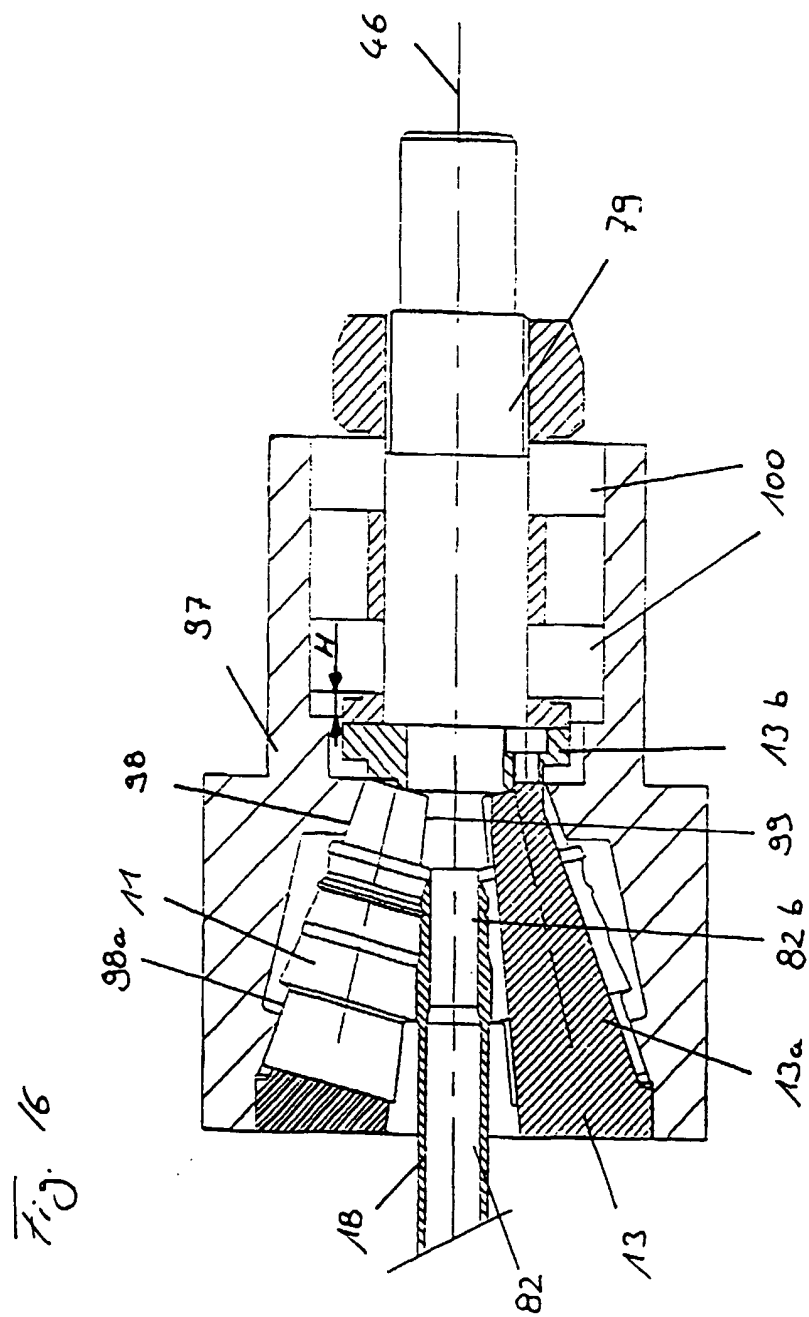
Fig. 11











**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**